

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Toshihiro OHTANI, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: August 7, 2003

Examiner:

For: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)  
herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2002-246127

Filed: August 27, 2002

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing  
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the  
requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: August 7, 2003

By: 

William F. Herbert  
Registration No. 31,024

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-246127

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-246127 ]

出 願 人

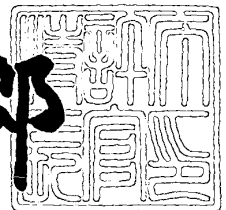
Applicant(s):

富士通株式会社

2002年10月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2002-3084053

【書類名】 特許願

【整理番号】 0252305

【提出日】 平成14年 8月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 14/00

【発明の名称】 光伝送システム

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 大谷 俊博

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 高橋 司

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 石川 英治

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 池田 大人

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 出口 博之

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100092152

【弁理士】

【氏名又は名称】 服部 毅巖

【電話番号】 0426-45-6644

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009874

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705176

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 長距離の光伝送を行う光伝送システムにおいて、

主信号を増幅して出力する光アンプと、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記光アンプの出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる光アンプ出力制御部と、から構成される光送信装置と、

光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行う励起光源部と、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる励起光源出力制御部と、から構成される光受信装置と、

を有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 前記光アンプの増幅制御として、ALC/AGCモードを用いる場合、前記光アンプ出力制御部は、前記光アンプがALCモードの場合は、ゼロレベルからパワーを制御し、前記光アンプがAGCモードへ遷移した場合は、前記光アンプの前段に配置した光可変減衰器の減衰量を調整して前記光アンプへの入力パワーを制御することで、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 3】 前記光受信装置は、主信号パワーまたはOSC信号パワーの少なくとも一方をモニタするモニタ制御部を有し、モニタ結果を上りのOSC信号により前記光送信装置へ通知し、前記光アンプ出力制御部は、前記モニタ結果にもとづき制御ステップを演算して、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 4】 前記光受信装置は、主信号パワーまたはOSC信号パワーの少なくとも一方をモニタするモニタ制御部を有し、前記励起光源出力制御部は、前記モニタ結果にもとづき制御ステップを演算して、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 5】 前記光送信装置及び前記光受信装置は、OSC信号のエラーが発出した際、あらかじめ設定した保護時間を超えてエラーが続いたときに、実

質的なエラー発生とみなすための保護時間設定部を有することを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システムに関し、特に長距離の光伝送を行う光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信ネットワークは、情報通信ネットワークの基盤形成の核となるもので、一層のサービスの高度化、広域化が望まれており、情報化社会に向けて急速に開発が進んでいる。

【0003】

特に、近年、無中継の光伝送システムが注目されている。大洋横断級の海底光伝送では、光ファイバケーブルの途中に中継器が設けられるが、無中継システムは、例えば、大洋横断を除く大陸と島、または島間をつなぐ場合などに適用されるもので、伝送路に中継器を置かない光伝送システムである。この無中継システムは、建設コストを削減でき、低料金でのサービスが可能となるため、信頼性の高いシステム構築の要求が高まっている。

【0004】

一方、光伝送システムの中心技術としては、WDM (Wavelength Division Multiplex) 技術が広く用いられている。WDMは、波長の異なる光を多重して、1本の光ファイバで複数の信号を同時に伝送する方式である。

【0005】

WDMシステムには、2.4～40Gb/sの主信号の他に、1.5～150Mb/s程度のOSC (Optical Supervisory Channel) と呼ばれる光の監視信号がある。

【0006】

このOSC信号は、運用設定や状態監視などに用いられ、例えば、光アンプの

状態監視：設定制御の他に、伝送路障害の検出などにも使用される。このため、WDMシステムでは通常、光アンプ（EDFA：エルビウムドープ光ファイバ・アンプ）で増幅されて伝送されるのは主信号だけであり、OSC信号は、光アンプ内を通過せずに伝送される。さらに、OSC信号は、制御信号として用いられるため、主信号に干渉しないように送信レベルは比較的低く設定されている。

【0007】

また、光増幅技術として、ラマン増幅技術が開発されている。これは、物質内の振動現象により入射光と異なる波長の光が散乱される物理現象を利用して、光ファイバ伝送路全体に強い励起光を入射させて光増幅を行うものである。

【0008】

ラマン散乱による利得のピークは、長波長側に約100nm周波数がシフトした位置になる。すなわち、入射する励起光の約100nm長波長側の光信号を励起することになるので、例えば、1.55μmの波長の光信号を増幅するためには、1.45μm付近の波長の励起光を光ファイバ伝送路に入射させることになる。

【0009】

このようなラマン増幅技術を用いて、光増幅を行うことにより、従来よりも長距離の光ファイバケーブルを敷設することができ、高速大容量の光伝送を行うことが可能になる。

【0010】

上記のようなWDM技術及びラマン増幅技術は、研究開発が盛んに行われており、従来技術として、より広い利得波長帯域幅が得られるラマン増幅器を使用したシステムなどが提案されている（例えば、特許文献1）。

【0011】

【特許文献1】

特開2002-229084号公報（段落番号【0019】～【0021】，第1図）

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

従来の光伝送システムでは、伝送距離の短いシステム、または中継器が置かれて中継間隔の短いシステムに対しては、OSC信号は短波長側に設定している。例えば、主信号をC-band (1535～1561nm) に設けた場合、OSC信号は1510nm付近に設定される。

#### 【0013】

一方、無中継システムでは、最大伝送距離は250km (さらに長距離のシステム要求もある) におよぶが、OSC信号は上述したようにシステム全体の制御に関与しているため、上流の送信側の光アンプ及び下流のラマン励起光源が出力停止 (シャットダウン) している状態でも疎通する必要がある。このため、少しでも受信側のパワーを大きくする目的から、OSC信号の波長は、光ファイバの伝送路ロスの最も小さくなる1570～1580nm付近に設定している。

#### 【0014】

また、無中継システムは長距離伝送実現のため、送信側の光アンプ出力が1W以上と非常に高く (陸上システムの約6倍以上)、下流のラマン励起光出力も1～2W以上と高い (陸上システムの3～5倍程度) 。

#### 【0015】

このように、主信号光の長波長側にOSC信号が配置され、かつ光アンプ及びラマン励起光源が高出力に設定された無中継システムに対しては、以下のような問題が発生する。

(1) システム起動時に、上流の光アンプが急に立ち上がると、OSC信号が受けるラマン増幅利得が急変するため、OSC信号パワーも急に高レベルに変化してしまい、受信側のOSC受信部の急変耐力を超えてエラーとなってしまう。

(2) 同様に、下流のラマン励起光源が急に立ち上がると、OSC信号が受けるラマン増幅利得が急変するため、OSC信号パワーも急に高レベルに変化してしまい、受信側のOSC受信部の急変耐力を超えてエラーとなってしまう。

(3) 高出力を扱うシステムにおいて人体保護等を目的とした、高出力アンプの自動停止制御であるAPSD (Auto Power Shut Down) に対し、APSDから通常の立ち上げ状態へ移行する場合、立ち上げ時に再びOSCがエラーし、その後、またAPSDに遷移する、というようにAPSDとその復帰動作とが繰り返す。



てしまい、システムが安定して立ち上がらない。

【0016】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、急激な利得変動によるOSC信号のエラー発生を抑制し、光伝送制御の品質及び信頼性の向上を図った光伝送システムを提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明では上記課題を解決するために、図1に示すような、長距離の光伝送を行う光伝送システム1において、主信号を増幅して出力する光アンプ11と、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、光アンプ11の出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる光アンプ出力制御部13と、から構成される光送信装置10と、光ファイバ伝送路F1に励起光を入射して、光ファイバ伝送路F1を増幅媒体とした光増幅を行う励起光源部22と、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる励起光源出力制御部23と、から構成される光受信装置20と、を有することを特徴とする光伝送システム1が提供される。

【0018】

ここで、光アンプ11は、主信号を増幅して出力する。光アンプ出力制御部13は、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、光アンプ11の出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる。励起光源部22は、光ファイバ伝送路F1に励起光を入射して、光ファイバ伝送路F1を増幅媒体とした光増幅を行う。励起光源出力制御部23は、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の光伝送システムの原理図である。光伝送システム1は、光送信装置（上流局）10と光受信装置（下流局）20から構成されて、無中継の区間が長い距離に対して、WDMの光伝送を行うシステムである。

## 【 0 0 2 0 】

なお、光送信装置 1 0 と光受信装置 2 0 は、実際には 1 台の光伝送装置として、互いに同じ本発明の機能を持つものである。また、図では、下り方向（光送信装置 1 0 → 光受信装置 2 0）の機能だけ示しているが、上り方向（光送信装置 1 0 ← 光受信装置 2 0）にも下り方向と同様な機能を持つ。

## 【 0 0 2 1 】

光送信装置 1 0 は、光アンプ 1 1 と光アンプ出力制御部 1 3 から構成される。光アンプ 1 1 は、例えば、EDFAであり、主信号を増幅して出力する。光アンプ出力制御部 1 3 は、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、光アンプ 1 1 の出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる。すなわち、光アンプ 1 1 の出力パワーをなだらかに上昇変化させて、目標値に徐々に達するようにする（このような制御を以降では段階的立ち上げとも記載する）。

## 【 0 0 2 2 】

光受信装置 2 0 は、励起光源部 2 2 と励起光源出力制御部 2 3 から構成される。励起光源部 2 2 は、光ファイバ伝送路 F 1 に励起光（以下、ラマン励起光）を入射して、光ファイバ伝送路 F 1 を増幅媒体とした光増幅を行う。励起光源出力制御部 2 3 は、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、ラマン励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる。すなわち、ラマン励起光のパワーをなだらかに上昇変化させて、目標値に徐々に達するようにする（このような制御を以降では段階的立ち上げとも記載する）。

## 【 0 0 2 3 】

次に本発明が解決したい問題点について詳しく説明する。図 2、図 3 は光波長の位置関係を示す概念図である。図 2 は伝送距離の短いシステムである光伝送システム 1 0 0 の光スペクトルを示しており、図 3 は無中継の光伝送システム 1 のスペクトルを示している。なお、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の主信号（主信号光）及び OSC 信号は、ノイズ部分である ASE (Amplified Spontaneous Emission: 自然放射雑音) と信号光成分とからなる。

## 【 0 0 2 4 】

双方のシステムは共に、ラマン励起光は、1 4 2 0 ~ 1 4 5 0 nm に位置し、

主信号は、C-band (1535～1561nm) に位置する (なお、WDM に対してラマン増幅を適用する場合、広帯域の主信号を増幅するために、通常は、ラマン励起光源を複数持って、複数の励起波長 (図では例えば、2 波長としている) を用いて、利得帯域を拡大する)。

#### 【0025】

また、光伝送システム100のOSC信号d0は、主信号の短波長側 (1500～1520nm) に位置するが、光伝送システム1のOSC信号d1は、受信側で、できるだけ光パワーの大きい状態で受信できるように、光ファイバの伝送路ロスの最も小さくなる周波数帯域として、主信号の長波長側 (1570～1580nm) に配置している。

#### 【0026】

そして、光伝送システム1では、長距離伝送を行うために、ラマン励起光及び主信号のレベルは、光伝送システム100に比べて高レベルになっている。さらに、光伝送システム1のOSC信号d1は、主信号とラマン励起光によってラマン増幅されるので、光伝送システム100のOSC信号d0よりも高レベルとなる。

#### 【0027】

図4～図8はOSC信号が受けるラマン増幅について説明するための図である。図4に示すシステムは、光ファイバ伝送路F1、光アンプ (EDFA) 101a、101b、WDM部102a、102b、103、OSC送信部104a、OSC受信部104b、ラマン励起光源105から構成される。また、光ファイバ伝送路F1の送信端を位置Pa、受信端を位置Pbとする。

#### 【0028】

光アンプ101aは、主信号を増幅し、OSC送信部104aは、制御信号を光に変換してOSC信号を生成する。WDM部102aは、主信号とOSC信号を多重して波長多重信号を生成する。

#### 【0029】

また、下流のラマン励起光源105からWDM部103を介して、ラマン励起光が光ファイバ伝送路F1上に放射され (後方励起)、光ファイバ伝送路F1を

流れる波長多重信号が増幅される。

【 0 0 3 0 】

WDM部 1 0 2 b は、波長多重信号を O S C 信号と主信号に分岐し、O S C 信号は、O S C 受信部 1 0 4 b へ、主信号は光アンプ 1 0 1 b 側へ出力する。O S C 受信部 1 0 4 b は、O S C 信号を電気の制御信号に変換し、光アンプ 1 0 1 b は、主信号を増幅して次段へ渡す。

【 0 0 3 1 】

図 5 ～図 7 は、図 4 で示した装置構成の光ファイバ伝送路上の位置 P a 、 P b における光信号のレベル状態を示している。また、図 8 は、図 5 ～図 7 で示した位置 P b の O S C 信号の光レベルを拡大した図である。

【 0 0 3 2 】

図 5 、図 8 の主信号及びラマン励起光が存在しない場合の O S C 信号は、位置 P a ではレベル L 0 であるが、位置 P b では伝送路ロスによってレベルが低下し、レベル L 1 の O S C 信号 d 1 a となる。

【 0 0 3 3 】

また、図 6 、図 8 の主信号が存在し、ラマン励起光が存在しない場合の O S C 信号は、位置 P a ではレベル L 0 であるが、位置 P b では主信号によるラマン効果によって増幅されて、レベル L 2 の O S C 信号 d 1 b となる。

【 0 0 3 4 】

すなわち、O S C 信号は、主信号の長波長側に配置されているので、主信号と O S C 信号同士で誘導ラマン散乱（誘導ラマン散乱とは、短い波長の光が、長い波長の光をラマン増幅する現象）が生じて、主信号によって O S C 信号が増幅されることになる（主信号が、O S C 信号を増幅するためのラマン励起光のような役目を果たしてしまう）。

【 0 0 3 5 】

なお、上流の送信側では、主信号は、図 6 に示すように、短波長側を長波長側よりも高レベルにした傾き（チルト）を持たせて送出する。これは、波長多重信号が光ファイバ中を長距離伝送すると、光ファイバの非線形効果（ラマン効果）によって、波長多重信号の短波長側は減衰し、長波長側は増加するようなチルト

が発生するからである。このため、受信側で所定の光 S/N を確保するために、送信側で主信号の各波長の光パワーを調整して、あらかじめ逆特性のチルトを持たせて、受信側で主信号のレベルが一定となるようにしている。

【 0 0 3 6 】

一方、図 7、図 8 の主信号及びラマン励起光が存在する場合の O S C 信号は、位置 P a ではレベル L 0 であるが、位置 P b では主信号及びラマン励起光によるラマン効果によって増幅されて、レベル L 3 の O S C 信号 d 1 c となる。

【 0 0 3 7 】

すなわち、O S C 信号は、主信号の長波長側に配置されているので、主信号、ラマン励起光及び O S C 信号の 3 つの光信号の間で誘導ラマン散乱が生じて、主信号とラマン励起光によって、O S C 信号が増幅されることになる。

【 0 0 3 8 】

また、上述の主信号の利得補正と同様に、複数のラマン励起光に対しても、光ファイバ中を伝送すると、励起光間で、ラマン効果によって短波長側は減衰し、長波長側は増加するので、ラマン励起光源では、あらかじめ逆特性のチルトを持たせて放射する。

【 0 0 3 9 】

以上、図 2 ～図 8 で上述したように、無中継の光伝送システムでは、長距離伝送を行うために、主信号及びラマン励起光のパワーは通常のシステムよりも大きく設定されており、かつ O S C 信号は主信号の長波長側に配置されている。したがって、O S C 信号に対し、主信号及びラマン励起光をエネルギー源とした大きなラマン増幅の効果を受けることになる（O S C 信号に対する主信号及びラマン励起光によるラマン利得が大きい）。

【 0 0 4 0 】

この場合、システム起動時（電源 O N 時やユニット挿入時、または後述の A P S D 解除時など）に上流の光アンプが、例えば、数 1 0 0 m s e c オーダで急に立ち上がると、O S C 信号の受ける、主信号によるラマン増幅利得も急激に変化する。すると、O S C 信号パワーも急に高レベルに変化することになり、O S C 受信部での急変耐力を超えてしまうと、エラーとなってしまう、光伝送制御の品

質及び信頼性の低下を引き起こすといった問題があった。

【0041】

このことは、下流のラマン励起光源についても同様である。ラマン励起光源が急に立ち上がると、OSC信号の受ける、ラマン励起光によるラマン増幅利得も急激に変化する。すると、OSC信号パワーも急に高レベルに変化することになり、OSC受信部での急変耐力を超えてしまうと、エラーとなってしまう、光伝送制御の品質及び信頼性の低下を引き起こすといった問題があった。

【0042】

なお、実験した結果では、光アンプ出力が約28dBm、ラマン励起光源出力が約28dBmのとき、主信号及びラマン励起光がある場合のOSC信号の変化は、約12dBという大きな変動が起きていた。

【0043】

次にAPSD (Auto Power Shut Down) に関連した問題点について説明する。APSDとは、光ファイバのコネクタ抜けや光ファイバが断線した場合、人体保護や火災を防止するために、高出力を放射する光アンプやラマン励起光源を自動的に停止させて、外部への光放射をシャットダウンする機能のことをいう。

【0044】

図9はAPSDの動作を説明するための図である。上流局110は、下り側（下り回線側）に光アンプ（EDFA）111と下りOSC送信部113、上り側（上り回線側）にラマンアンプ（ラマン励起光源）112と上りOSC受信部114を有する。下流局120は、下り側にラマンアンプ122と下りOSC受信部123、上り側に光アンプ121と上りOSC送信部124を有する。また、上流局110と下流局120は下りの光ファイバ伝送路F1と、上りの光ファイバ伝送路F2を通じて接続する。

〔S1〕光ファイバ伝送路F1が断する。

〔S2〕光ファイバ伝送路F1が断した場合でも、下流局120のラマンアンプ122からはラマン励起光は放出されている。このため、雑音光（ASE）が増幅され、増幅された雑音光が下流局120側へ向かって流れてくる。

〔S3〕下流局120の下りOSC受信部123は、雑音光を受信すると、OS

Cエラーと判断して、OSCアラーム及びシャットダウン要求を生成する。なお、通常、OSC受信部では、OSC信号のフレーム検出を行っており、フレームが正常に検出された場合は正常受信、フレームが検出されない場合はOSCエラーとみなす（データ自体のエラー検出、クロック抽出不可、光信号自体を検出できない場合などのOR論理をとってエラーとみなす）。

【S4】シャットダウン要求により、ラマンアンプ122を停止する。

【S5】シャットダウン要求により、光アンプ121を停止する。

【S6】下流局120の上りOSC送信部124は、OSCアラームを受信すると、その旨を上りのOSC信号にのせて、光ファイバ伝送路F2から送出する。

【S7】上流局110の上りOSC受信部114は、ステップS6のOSC信号を受信するとシャットダウン要求を生成する。

【S8】シャットダウン要求により、ラマンアンプ112を停止する。

【S9】シャットダウン要求により、光アンプ111を停止する。このようなシーケンスにより、上流、下流の光アンプとラマンアンプすべてがシャットダウンされることになる。すると、OSCパワーは安定となるため、エラーは収まり、通常状態への遷移条件が整う。

#### 【0045】

このようなAPSDの動作に対して、各アンプがシャットダウンして、その後通常状態へ遷移するときに、光アンプやラマンアンプが急に立ち上がってしまうと、図2～図8で上述したように、OSC信号のレベルが急激に上昇してしまい、再びOSCエラーとなり、APSD状態に遷移することになる。すなわち、APSD→起動シーケンス→OSC信号エラー→APSD→…と繰り返すことになり、システムが安定して立ち上がることができず、光伝送制御の品質及び信頼性の低下を引き起こすといった問題があった。

#### 【0046】

以上説明したように、無中継の光伝送システムでは、OSC信号が主信号の長波長側に配置されることで、主信号及びラマン励起光によるラマン増幅の影響を受けてしまい、システム起動時（APSD復帰時）の急な立ち上げにより、OSC信号が急激な利得変動を受けてエラー発生を引き起こすといった問題があった

【 0 0 4 7 】

無中継の光伝送システムでは、伝送路のロスが非常に大きいため、OSC信号はその影響を極力小さくするように伝送路ロスが最少となる1570～1580nm付近に配置されることが多いと予想される。

【 0 0 4 8 】

また、今後さらに無中継距離の長いシステムができると、主信号及びラマン励起光共に、パワーはさらに大きくなり、OSC信号の受ける影響もさらに大きくなる。本発明では、このような状況に対して、急激な利得変動によるOSC信号のエラーを確実に抑制して、光伝送制御の品質及び信頼性の向上を図るものである。

【 0 0 4 9 】

次に本発明の光伝送システム1の動作について以降詳しく説明する。なお、上り方向、下り方向ともに動作は同じなので、以降では下り方向（上流局110→下流局120）の動作を中心にして説明する。

【 0 0 5 0 】

最初に光アンプ11の出力パワーの段階的立ち上げ制御について説明する。図10は光アンプ11の周辺ブロック構成を示す図である。光送信装置10は、光アンプ11、WDM部13a、13b、OSC受信部14a、OSC送信部14-1、VAT（variable attenuator：光可変減衰器）15、PD（フォトダイオード）16、カプラC1、制御部130（光アンプ出力制御部13の機能を含む）を有する。

【 0 0 5 1 】

WDM部13aは、波長多重信号を受信して、OSC信号と主信号に分離し、OSC信号をOSC受信部14aへ、主信号をVAT15へ出力する。OSC受信部14aは、OSC信号を電気信号に変換し、制御部130へ送信する。なお、制御部130は、CPUまたはFPGA（Field Programmable Gate Array）を含み、光送信装置10の全体制御を行う。

【 0 0 5 2 】



VAT15は、制御部130からの減衰制御信号にもとづき、減衰量を設定する。カプラC1は、主信号を光アンプ11及びPD16に分岐する。PD16は主信号を電気信号に変換して制御部130へ送信する。

【0053】

光アンプ11は、主信号を増幅する。なお、光アンプ11は、自己の動作状態を制御部130へ通知する。また、ALC (Automatic Level Control) / AGC (Automatic Gain Control) 制御信号を制御部130から受信する。

【0054】

OSC送信部14-1は、制御部130から送信された信号を光のOSC信号に変換する。WDM部13bは、光アンプ11から出力された主信号と、OSC送信部14-1からのOSC信号とを多重して、波長多重信号を生成し出力する。

【0055】

ここで、WDM光増幅の特徴である、ALCモード、AGCモードについて説明する。ALCは、光アンプ11の出力レベルを、入力の変動した場合でも一定にする制御である。すなわち、光アンプ11に対して、なんらかの入力光がある場合に、光入力レベルによらず、光アンプ11の出力が一定になるように、光アンプ11のゲイン（光入力レベルと光出力レベルの比）を設定する。

【0056】

AGCは、光アンプ11のゲインを一定に保つ制御である。したがって、AGCモードのときには、光アンプ11の入力レベルが変動した場合、ゲインが一定となるように制御されているために、出力レベルは入力レベルに追従して変動することになる。WDM伝送では、このようなALCモードとAGCモードとを併用することで、円滑な光増幅制御を行っている。

【0057】

なお、ALCとAGCを設定する場合、システム立ち上げ時は、ALCモードから開始してゲインを設定し、その後の運用状態ではAGCモードに遷移する（ALCでゲイン設定後にAGCへ遷移）。

【0058】

図 1 1 は光アンプ 1 1 の出力パワーの段階的立ち上げの様子を示す図である。縦軸は光アンプ 1 1 の出力レベル、横軸は時間である。図は、光アンプ 1 1 の増幅制御として、A L C / A G C モードを用いる場合の段階的立ち上げの様子を示している。

【 0 0 5 9 】

A L C モード時は、光アンプ 1 1 の出力レベルをゼロレベルから緩やかに上げていき（図 1 0 の制御部 1 3 0 の A L C / A G C 制御信号による）、あるレベルになって A G C モードへ遷移した場合には、制御部 1 3 0 は、減衰制御信号により、V A T 1 5 の減衰量を徐々に減らすことで、図 1 1 に示すように出力パワーを階段状にステップアップさせて（例えば、0. 5 s 毎に 0. 5 d B 上昇させる）、最終的な目標値を設定する。

【 0 0 6 0 】

このように、A L C モードのときは、光アンプ 1 1 の出力レベルを直接コントロールできるので、光アンプ 1 1 から高パワーが急に出力されないように、緩やかに上昇するように調整し、A G C モードになってゲインが設定された後は、V A T 1 5 の減衰量を調整することで、光アンプ 1 1 の出力パワーを階段状に立ち上げる。これにより、O S C 信号の急激な利得変動を抑制する。

【 0 0 6 1 】

次に光アンプ 1 1 の増幅制御として、A G C モードのみを用いる場合の段階的立ち上げ制御について説明する。図 1 2 は光アンプ 1 1 の出力状態を示す図である。光が入力している状態のアンプ立ち上げ時から、その後の運用状態に至るまで、光アンプ 1 1 が A G C モードのみで設定されている場合は、デフォルトでゲインが設定されるため、高パワーが急に出力される様子を示している。なお、図中、A L C モードの光アンプ 1 1 の出力状態も示す（立ち上げ開始時は、ゼロレベルから制御できるので、急に高パワーが出力することはない）。

【 0 0 6 2 】

したがって、光アンプ 1 1 の増幅制御として、A G C モードのみを用いる場合では、V A T 1 5 の減衰量を、初期設定時には最大減衰量になるように設定しておき（V A T 1 5 を完全に閉じた状態にしておく）、その後、制御部 1 3 0 の減

衰量制御信号により、VAT15の減衰量を徐々に減らして、光アンプ11の出力パワーを段階的に立ち上げる。これにより、OSC信号の急激な利得変動を抑制する（なお、以降では、光アンプ11の増幅制御には、ALC/AGCモードを用いた場合についてのみ説明する）。

#### 【0063】

次にラマン励起光のパワーの段階的立ち上げ制御について説明する。図13は励起光源部22のラマン励起光パワーの段階的立ち上げの様子を示す図である。縦軸はラマン励起光の出力レベル、横軸は時間である。励起光源部22は、図に示すように、励起光源部22の出力を徐々に上げるように制御して（例えば、ゼロレベルから目標値までを16分割して、1ステップ毎上昇させる）、最終的な目標値に設定する。これにより、OSC信号の急激な利得変動を抑制する。

#### 【0064】

次に光アンプ11及び励起光源部22に対して、時間差を設けた段階的立ち上げ制御について説明する。図11、図13で示したような段階的立ち上げ制御を行っても、光アンプ11と励起光源部22が同時に立ち上がってしまうと、OSC信号の利得が急変するといった現象が生じる可能性があるため、OSC信号に対する急激な利得変動を確実になくすために、光アンプ11と励起光源部22の立ち上げに時間差を設ける。

#### 【0065】

時間差を設けた段階的立ち上げ制御としては、タイマを持たせて立ち上げ開始タイミングを制御する方法と、OSC信号でステータスのやり取りを行って、立ち上げ開始タイミングを制御する方法とがある。

#### 【0066】

図14、図15はタイマによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。図14は上流の光アンプ11が下流の励起光源部22より先に立ち上がる場合を示しており、図13は下流の励起光源部22が上流の光アンプ11より先に立ち上がる場合を示している。

#### 【0067】

図15では、光受信装置20の励起光源出力制御部23に、システム起動時か

らカウントを開始するタイマを持たせておく。そして、一定時間（数 s e c）カウントさせた後に、励起光源部 2 2 の励起光パワーの段階的立ち上げを行う。このようにすれば、システム起動時には、タイマを持たない光送信装置 1 0 側の光アンプ 1 1 が先に立ち上がり、励起光源部 2 2 はタイマで遅らせた後に立ち上がるので、時間差を設けることができる。

【 0 0 6 8 】

同様に、図 1 5 では、光送信装置 1 0 の光アンプ出力制御部 1 3 に、システム起動時からカウントを開始するタイマを持たせておく。そして、一定時間（数 s e c）カウントさせた後に、光アンプ 1 1 の出力パワーの段階的立ち上げを行う。このようにすれば、システム起動時には、タイマを持たない光受信装置 2 0 側の励起光源部 2 2 が先に立ち上がり、光アンプ 1 1 はタイマで遅らせた後に立ち上がるので、時間差を設けることができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 6 は O S C 信号を用いてのステータスのやり取り動作を示す図である。上流の光アンプ 1 1 - 1 が下流の励起光源部 2 2 - 1 より先に立ち上がる場合の動作を示している。図に示すシステムの概略構成は、上流局 1 0 は、下り側に光アンプ 1 1 - 1、光アンプ出力制御部 1 3 - 1、O S C 送信部 1 4 - 1 を有し、上り側に励起光源部 1 2 - 2 を有している。

【 0 0 7 0 】

下流局 2 0 は、下り側に励起光源部 2 2 - 1、励起光源出力制御部 2 3 - 1、O S C 受信部 2 4 - 1 を有し、上り側に光アンプ 2 1 - 2 を有している。また、上流局 1 0 と下流局 2 0 は下りの光ファイバ伝送路 F 1 と、上りの光ファイバ伝送路 F 2 を通じて接続する。

【 S 1 1 】 システム起動時、上流局 1 0 の光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、光アンプ 1 1 の出力パワーの段階的立ち上げを行う。

【 S 1 2 】 光アンプ 1 1 - 1 の段階的立ち上げ制御が完了すると、光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、O S C 送信部 1 4 - 1 へ制御完了の旨を通知する。

【 S 1 3 】 O S C 送信部 1 4 - 1 は、制御完了情報を含む O S C 信号を、光ファイバ伝送路 F 1 を通じて、下流局 2 0 へ送信する。

〔S 1 4〕下流局 2 0 の O S C 受信部 2 4 - 1 は、O S C 信号を受信する。

〔S 1 5〕O S C 受信部 2 4 - 1 は、受信した O S C 信号を電気信号に変換した後、励起光源出力制御部 2 3 - 1 へ送信する。

〔S 1 6〕励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、O S C 受信部 2 4 - 1 から出力された電気信号により、上流局 1 0 の光アンプ 1 1 - 1 が立ち上げ終了したことを認識すると、励起光源部 2 2 - 1 の段階的立ち上げ制御を開始する。

【0 0 7 1】

図 1 7 は図 1 6 に対するステータスのやり取りによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。上流局 1 0 の光アンプ出力制御部 1 3 - 1 による光アンプ 1 1 - 1 の出力パワーの段階的立ち上げ完了後、制御完了の旨を、下りの O S C 信号にて下流局 2 0 へ通知する。そして、下流局 2 0 の励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、受信した O S C 信号にもとづき、励起光のパワーの段階的立ち上げを行う。このように、上流局 1 0 と下流局 2 0 間で O S C 信号を用いてステータスのやり取りを行うことで、より高精度に時間差を設定することができる。

【0 0 7 2】

図 1 8 は O S C 信号を用いてのステータスのやり取り動作を示す図である。下流の励起光源部 2 2 - 1 が上流の光アンプ 1 1 - 1 より先に立ち上がる場合の動作を示している。図に示すシステムの概略構成は、上流局 1 0 は、下り側に光アンプ 1 1 - 1、光アンプ出力制御部 1 3 - 1 を有し、上り側に励起光源部 1 2 - 2、O S C 受信部 1 4 - 2 を有している。

【0 0 7 3】

下流局 2 0 は、下り側に励起光源部 2 2 - 1、励起光源出力制御部 2 3 - 1 を有し、上り側に光アンプ 2 1 - 2、O S C 送信部 2 4 - 2 を有している。また、上流局 1 0 と下流局 2 0 は下りの光ファイバ伝送路 F 1 と、上りの光ファイバ伝送路 F 2 を通じて接続する。

〔S 2 1〕システム起動時、下流局 2 0 の励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、励起光源部 2 2 - 1 の励起光パワーの段階的立ち上げを行う。

〔S 2 2〕励起光源部 2 2 - 1 の段階的立ち上げ制御が完了すると、励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、O S C 送信部 2 4 - 2 へ制御完了の旨を通知する。

〔S 2 3〕OSC送信部 2 4 - 2 は、制御完了情報を含むOSC信号を、上りの光ファイバ伝送路 F 2 を通じて、上流局 1 0 へ送信する。

〔S 2 4〕上流局 1 0 のOSC受信部 1 4 - 2 は、OSC信号を受信する。

〔S 2 5〕OSC受信部 1 4 - 2 は、受信したOSC信号を電気信号に変換した後、光アンプ出力制御部 1 3 - 1 へ送信する。

〔S 2 6〕光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、OSC受信部 1 4 - 2 から出力された電気信号により、下流局 2 0 の励起光源部 2 2 - 1 が立ち上げ終了したことを認識すると、光アンプ 1 1 - 1 の段階的立ち上げ制御を開始する。

【0 0 7 4】

図 1 9 は図 1 8 に対するステータスのやり取りによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。下流局 2 0 の励起光源出力制御部 2 3 - 1 による励起光のパワーの段階的立ち上げ完了後、制御完了の旨を、上りのOSC信号にて上流局 1 0 へ通知する。そして、上流局 1 0 の光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、受信したOSC信号にもとづき、光アンプ 1 1 の出力パワーの段階的立ち上げを行う。このように、上流局 1 0 と下流局 2 0 間でOSC信号を用いてステータスのやり取りを行うことで、より高精度に時間差を設定することができる。

【0 0 7 5】

次に光アンプ 1 1 と励起光源部 2 2 との立ち上げ途中状態を、上流、下流双方でOSC信号で通知しながら、段階的立ち上げ制御を行う場合について説明する。図 2 0 は立ち上げ途中状態を通知しながらの段階的立ち上げ制御を示す図である。

〔S 3 1〕システム起動時、上流局 1 0 の光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、光アンプ 1 1 - 1 のALCモードにおける出力パワーを、目標値 1 a まで緩やかに上昇させる。

〔S 3 2〕上流局 1 0 は、下りOSC信号を用いて、上流の光アンプ 1 1 - 1 が目標値 1 a まで立ち上げた旨を下流局 2 0 へ通知する。

〔S 3 3〕下流局 2 0 は、ステップ S 3 2 のOSC信号を受信すると、励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、励起光源部 2 2 - 1 の励起光パワーを目標値 2 a まで階段状に上昇させる。

〔S 3 4〕下流局 2 0 は、上り O S C 信号を用いて、下流の励起光源部 2 2 - 1 が目標値 2 a まで立ち上げた旨を上流局 1 0 へ通知する。

〔S 3 5〕上流局 1 0 は、ステップ S 3 4 の O S C 信号を受信すると、光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、A G C モードの光アンプ 1 1 - 1 の出力パワーを、V A T の減衰量を制御して、目標値 1 b まで階段状に上昇させる。

〔S 3 6〕上流局 1 0 は、下り O S C 信号を用いて、上流の光アンプ 1 1 - 1 が最終の目標値 1 b まで立ち上げた旨を下流局 2 0 へ通知する。

〔S 3 7〕下流局 2 0 は、ステップ S 3 6 の O S C 信号を受信すると、励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、励起光源部 2 2 - 1 の励起光パワーを目標値 2 b まで階段状に上昇させる。

〔S 3 8〕下流局 2 0 は、上り O S C 信号を用いて、下流の励起光源部 2 2 - 1 が最終の目標値 2 b まで立ち上げた旨を上流局 1 0 へ通知する。

#### 【0 0 7 6】

このように、上流局 1 0 の光アンプ 1 1 - 1 を、途中の状態（例えば、中間状態）まで立ち上げたら、その状態を下り O S C 信号で下流局 2 0 へ通知し、下流局 2 0 では、O S C 信号を受信した後に、励起光源部 2 2 - 1 の立ち上げを開始し、ラマン励起光が中間状態まで立ち上がったら、上り O S C 信号で上流局 1 0 へ通知し、上流局 1 0 では、光アンプ 1 1 - 1 を中間状態から再び段階的に立ち上げる…、といったシーケンスで、上流局 1 0、下流局 2 0 でバランスをとりながら段階的立ち上げ制御を行う。このような制御を行うことで、高精度の立ち上げ設定を行うことができる。

#### 【0 0 7 7】

次に受信レベルのモニタ結果にもとづいて段階的立ち上げ制御を行う場合について説明する。図 2 1 はモニタ結果にもとづく光アンプ 1 1 - 1 の段階的立ち上げ制御を説明するための図である。

#### 【0 0 7 8】

図に示すシステムの概略構成は、上流局 1 0 は、下り側に光アンプ 1 1 - 1 と光アンプ出力制御部 1 3 - 1 を有し、上り側に励起光源部 1 2 - 2 と O S C 受信部 1 4 - 2 を有している。

## 【 0 0 7 9 】

下流局 2 0 は、下り側に励起光源部 2 2 - 1 とモニタ制御部 2 5 - 1 を有し、上り側に光アンプ 2 1 - 2 と O S C 送信部 2 4 - 2 を有している。励起光源部 2 2 - 1 は励起 L D ( レーザダイオード ) 2 2 a 、 W D M 部 2 2 b から構成され、モニタ制御部 2 5 - 1 は、カプラ 2 5 a 、 P D 2 5 b 、モニタ部 2 5 c から構成される。また、上流局 1 0 と下流局 2 0 は下りの光ファイバ伝送路 F 1 と、上りの光ファイバ伝送路 F 2 を通じて接続する。

〔 S 4 1 〕 下流局 2 0 のモニタ制御部 2 5 - 1 は、光ファイバ伝送路 F 1 を通じて送信された主信号を受信してレベルをモニタする。すなわち、カプラ 2 5 a は、受信光を P D 2 5 b へ分岐し、 P D 2 5 b は、受信光をアナログ電気信号に変換する。モニタ部 2 5 c は、アナログ信号をデジタル信号に変換して、内部の C P U または F P G A により、受信光のレベルをモニタする。

〔 S 4 2 〕 モニタ部 2 5 c は、モニタ結果をアナログ信号に変換して、 O S C 送信部 2 4 - 2 へ通知する。

〔 S 4 3 〕 O S C 送信部 2 4 - 2 は、受信した電気信号を光信号に変換して、モニタ結果を含む上り O S C 信号を光ファイバ伝送路 F 2 を通じて、上流局 1 0 へ送信する。

〔 S 4 4 〕 上流局 1 0 の O S C 受信部 1 4 - 2 は、上り O S C 信号を受信する。

〔 S 4 5 〕 O S C 受信部 1 4 - 2 は、上り O S C 信号を電気信号に変換して光アンプ出力制御部 1 3 - 1 へ送信する。

〔 S 4 6 〕 光アンプ出力制御部 1 3 - 1 は、モニタ結果を含む電気信号を受信して、モニタ結果値から制御ステップ ( 目標値までのステップ数や 1 ステップの時間設定など ) を演算して、光アンプ 1 1 - 1 の出力パワーの段階的立ち上げ制御を行う。

## 【 0 0 8 0 】

図 2 2 はモニタ結果にもとづく励起光源部 2 2 - 1 の段階的立ち上げ制御を説明するための図である。図に示すシステムの概略構成は、上流局 1 0 は、下り側に光アンプ 1 1 - 1 を有し、上り側に励起光源部 1 2 - 2 を有している。下流局 2 0 は、下り側に励起光源部 2 2 - 1 、励起光源出力制御部 2 3 - 1 、モニタ制



御部 2 5 - 1 を有し、上り側に光アンプ 2 1 - 2 を有している。励起光源部 2 2 - 1 及びモニタ制御部 2 5 - 1 の内部構成は図 2 1 と同じである。また、上流局 1 0 と下流局 2 0 は下りの光ファイバ伝送路 F 1 と、上りの光ファイバ伝送路 F 2 を通じて接続する。

〔S 5 1〕下流局 2 0 のモニタ制御部 2 5 - 1 は、光ファイバ伝送路 F 1 を通じて送信された主信号を受信してレベルをモニタする。すなわち、カプラ 2 5 a は、受信光を P D 2 5 b へ分岐し、P D 2 5 b は、受信光をアナログ電気信号に変換する。モニタ部 2 5 c は、アナログ信号をデジタル信号に変換して、内部の C P U または F P G A により、受信光のレベルをモニタする。

〔S 5 2〕モニタ部 2 5 c は、モニタ結果をアナログ信号に変換して、励起光源出力制御部 2 3 - 1 へ通知する。

〔S 5 3〕励起光源出力制御部 2 3 - 1 は、受信したモニタ結果値から制御ステップを演算して、励起光源部 2 2 - 1 の出力パワーの段階的立ち上げ制御を行う。なお、励起光源部 2 2 - 1 では、励起光源出力制御部 2 3 - 1 からの設定信号にもとづいて、励起 L D 2 2 a はラマン励起光を放出し、WDM 部 2 2 b はラマン励起光を光ファイバ伝送路 F 1 に入射してラマン後方励起を行う。

#### 【0 0 8 1】

このように、図 2 1、図 2 2 の場合は、実際の受信レベルのモニタ結果にもとづいて、制御ステップを演算しながら段階的立ち上げ制御を行うので、より高精度で信頼性の高い制御を行うことが可能になる。

#### 【0 0 8 2】

なお、上記ではモニタ制御部 2 5 - 1 は、主信号のレベルをモニタすることとしたが、O S C 信号をモニタしてもよいし、主信号及び O S C 信号の両方をモニタしてモニタ結果値を生成するようにしてもよい。

#### 【0 0 8 3】

次に本発明の保護時間設定部について説明する。O S C 信号を受信する O S C 受信部では、上述したように、O S C 信号のフレーム検出を行って、正常受信かエラーかを判断している。この場合、素子特性などの原因により、運用中にわずかなフレーム同期外れなどの瞬時のエラーが生じたときでも、エラー発生とみな

してしまうと、APSDが適用されているシステムでは、即座にAPSDに遷移してしまい運用効率が低下することになる。したがって、本発明では、保護時間設定部による保護時間を設けて、この保護時間を超えてエラーが続いたときに、はじめてエラー発生とみなすようにする。

【0084】

図23は保護時間の設定例を示す図である。実際のOSCエラー（“H”でエラー発出とする）が保護時間を満たさず、エラー発生とみなされない様子を示している。保護時間を保護処理用クロックの6クロック分とする。また、保護後のOSCエラーは、実際のOSCエラーが保護処理用クロックの6クロック分連続して“H”の場合に、“H”となる信号である。

【0085】

図に示すような実際のOSCエラーE1が発出した場合には、保護時間（6クロック分）を満たしていないため、保護後のOSCエラーE2は“L”となり、この場合はエラー発生とみなさない。

【0086】

図24は保護時間の設定例を示す図である。実際のOSCエラーが保護時間を満たし、エラー発生とみなされる様子を示している。図に示すような実際のOSCエラーE3が発出した場合には、保護時間（6クロック分）を満たしているため、保護後のOSCエラーE2は“H”となり、この場合は実質的なエラー発生とみなす。

【0087】

このように、OSCのエラーの検出に、保護時間（例えば、100msec～1sec程度）を設定することで、一瞬のエラー発出ですぐにエラー状態とするのではなく、ある一定時間の間、継続してエラーが発出している場合にはじめてエラー状態とさせることができる。

【0088】

次に段階的立ち上げ制御による目標値までの制御ステップの設定処理について説明する。図25は制御ステップを演算によって設定する場合の図である。光アンプ出力制御部13-1は、CPU（またはFPGA）13a、D/A部13b

を含む。CPU 13 a に光アンプ 11-1 の出力パワーの目標値を設定すると、CPU 13 a が自律的に（主信号の波長数などを考慮して）制御ステップを演算する。そして、CPU 13 a は制御ステップにもとづき、D/A 部 13 b に出力パワー制御信号を送信する。D/A 部 13 b は、デジタルの出力パワー制御信号をアナログ信号に変換して、光アンプ 11-1 へ設定する。

【0089】

一方、励起光源出力制御部 23-1 は、CPU（または FPGA）23 a、D/A 部 23 b を含む。CPU 23 a に励起光源部 22-1 の励起光パワーの目標値を設定すると、CPU 23 a が自律的に（主信号の波長数などを考慮して）制御ステップを演算する。そして、CPU 23 a は制御ステップにもとづき、D/A 部 23 b に励起光パワー制御信号を送信する。D/A 部 23 b は、デジタルの励起光パワー制御信号をアナログ信号に変換して、励起光源部 22-1 へ設定する。

【0090】

図 26 は制御ステップをメモリから読み出して設定する場合の図である。光アンプ出力制御部 13-1 は、CPU（または FPGA）13 a、D/A 部 13 b、メモリ（EEPROM など）13 c を含む。CPU 13 a に光アンプ 11-1 の出力パワーの目標値を設定すると、CPU 13 a はメモリ 13 c から制御ステップを読み出す。そして、CPU 13 a は制御ステップにもとづき、D/A 部 13 b に出力パワー制御信号を送信する。D/A 部 13 b は、デジタルの出力パワー制御信号をアナログ信号に変換して、光アンプ 11-1 へ設定する。

【0091】

一方、励起光源出力制御部 23-1 は、CPU（または FPGA）23 a、D/A 部 23 b、メモリ（EEPROM など）23 c を含む。CPU 23 a に励起光源部 22-1 の励起光パワーの目標値を設定すると、CPU 23 a はメモリ 23 c から制御ステップを読み出す。そして、CPU 23 a は制御ステップにもとづき、D/A 部 23 b に励起光パワー制御信号を送信する。D/A 部 23 b は、デジタルの励起光パワー制御信号をアナログ信号に変換して、励起光源部 22-1 へ設定する。

## 【0092】

以上説明したように、本発明によれば、OSC信号に与えるラマン利得の急激な変化を抑圧でき、OSC信号のエラー発生を抑えることが可能になる。また、OSC信号のエラーをトリガにして、光アンプやラマンアンプをシャットダウンするAPSDを採用するシステムに対し、OSC信号エラー→APSD→起動シーケンス→OSC信号エラー→…という繰り返し動作を抑え、正常にシステムを起動させることが可能になる。さらに、エラーが発出してもすぐにはAPSDに遷移しないように、保護時間を設定することにより、誤動作を防止することが可能になる。

## 【0093】

(付記1) 長距離の光伝送を行う光伝送システムにおいて、

主信号を増幅して出力する光アンプと、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記光アンプの出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる光アンプ出力制御部と、から構成される光送信装置と、

光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行う励起光源部と、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる励起光源出力制御部と、から構成される光受信装置と、

を有することを特徴とする光伝送システム。

## 【0094】

(付記2) 前記光アンプの増幅制御として、ALC/AGCモードを用いる場合、前記光アンプ出力制御部は、前記光アンプがALCモードの場合は、ゼロレベルからパワーを制御し、前記光アンプがAGCモードへ遷移した場合は、前記光アンプの前段に配置した光可変減衰器の減衰量を調整して前記光アンプへの入力パワーを制御することで、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

## 【0095】

(付記3) 前記光アンプの増幅制御として、AGCモードのみ用いる場合、前記光アンプ出力制御部は、光可変減衰器を最大減衰量に設定しておき、最大減

衰量からレベルを上げるように調整して、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

【0096】

(付記 4) 前記励起光源出力制御部は、システム起動時からカウントを開始するタイマを有し、一定時間経過後に、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行って、前記光アンプの立ち上がりに対して時間差を設けることを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

【0097】

(付記 5) 前記光アンプ出力制御部は、システム起動時からカウントを開始するタイマを有し、一定時間経過後に、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行って、前記励起光源部の立ち上がりに対して時間差を設けることを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

【0098】

(付記 6) 前記光アンプ出力制御部による前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げ完了後、制御完了を下りの O S C 信号にて前記光受信装置へ通知し、前記励起光源出力制御部は、前記 O S C 信号にもとづき、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

【0099】

(付記 7) 前記励起光源出力制御部による前記励起光のパワーの段階的立ち上げ完了後、制御完了を上りの O S C 信号にて前記光送信装置へ通知し、前記光アンプ出力制御部は、前記 O S C 信号にもとづき、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

【0100】

(付記 8) 前記光アンプ出力制御部と前記励起光源出力制御部との双方の段階的立ち上げの途中状態を、互いに下り上りの O S C 信号によって通知しながら、前記光アンプ及び前記励起光源部の段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

【0101】

(付記 9) 前記光受信装置は、主信号パワーまたは O S C 信号パワーの少な

くとも一方をモニタするモニタ制御部を有し、モニタ結果を上りのOSC信号により前記光送信装置へ通知し、前記光アンプ出力制御部は、前記モニタ結果にもとづき制御ステップを演算して、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

## 【0102】

(付記10) 前記光受信装置は、主信号パワーまたはOSC信号パワーの少なくとも一方をモニタするモニタ制御部を有し、前記励起光源出力制御部は、前記モニタ結果にもとづき制御ステップを演算して、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

## 【0103】

(付記11) 前記光送信装置及び前記光受信装置は、OSC信号のエラーが発生した際、あらかじめ設定した保護時間を超えてエラーが続いたときに、実質的なエラー発生とみなすための保護時間設定部を有することを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

## 【0104】

(付記12) 前記光アンプ出力制御部は、前記光アンプの出力パワーの目標値に対し、制御ステップを内部演算により求めるか、またはメモリから前記制御ステップを読み出して、段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

## 【0105】

(付記13) 前記励起光源出力制御部は、前記励起光のパワーの目標値に対し、制御ステップを内部演算により求めるか、またはメモリから前記制御ステップを読み出して、段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

## 【0106】

(付記14) 長距離の光伝送を行う光伝送装置において、  
主信号を増幅して出力する光アンプと、  
OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記光アンプの出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる光アンプ出力制御部と、

光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行う励起光源部と、

OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる励起光源出力制御部と、

を有することを特徴とする光伝送装置。

【0107】

(付記15) 前記光アンプの増幅制御として、ALC/AGCモードを用いる場合、前記光アンプ出力制御部は、前記光アンプがALCモードの場合は、ゼロレベルからパワーを制御し、前記光アンプがAGCモードへ遷移した場合は、前記光アンプの前段に配置した光可変減衰器の減衰量を調整して前記光アンプへの入力パワーを制御することで、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

【0108】

(付記16) 前記光アンプの増幅制御として、AGCモードのみ用いる場合、前記光アンプ出力制御部は、光可変減衰器を最大減衰量に設定しておき、最大減衰量からレベルを上げるように調整して、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

【0109】

(付記17) 前記励起光源出力制御部は、システム起動時からカウントを開始するタイマを有し、一定時間経過後に、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行って、上流局の前記光アンプの立ち上がりに対して時間差を設けることを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

【0110】

(付記18) 前記光アンプ出力制御部は、システム起動時からカウントを開始するタイマを有し、一定時間経過後に、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行って、下流局の前記励起光源部の立ち上がりに対して時間差を設けることを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

【0111】

(付記19) 前記光アンプ出力制御部による前記光アンプの出力パワーの段

階的立ち上げ完了後、制御完了を下りのOSC信号にて下流局へ通知し、下流局の前記励起光源出力制御部は、前記OSC信号にもとづき、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

## 【0112】

(付記20) 前記励起光源出力制御部による前記励起光のパワーの段階的立ち上げ完了後、制御完了を上りのOSC信号にて上流局へ通知し、上流局の前記光アンプ出力制御部は、前記OSC信号にもとづき、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

## 【0113】

(付記21) 前記光アンプ出力制御部と前記励起光源出力制御部との双方の段階的立ち上げの途中状態を、互いに下り上りのOSC信号によって通知しながら、前記光アンプ及び前記励起光源部の段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

## 【0114】

(付記22) 主信号パワーまたはOSC信号パワーの少なくとも一方をモニタするモニタ制御部を有し、モニタ結果を上りのOSC信号により上流局へ通知し、前記光アンプ出力制御部は、前記モニタ結果にもとづき制御ステップを演算して、前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

## 【0115】

(付記23) 主信号パワーまたはOSC信号パワーの少なくとも一方をモニタするモニタ制御部を有し、前記励起光源出力制御部は、前記モニタ結果にもとづき制御ステップを演算して、前記励起光のパワーの段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

## 【0116】

(付記24) OSC信号のエラーが発出した際、あらかじめ設定した保護時間を超えてエラーが続いたときに、実質的なエラー発生とみなすための保護時間設定部を有することを特徴とする付記14記載の光伝送装置。

## 【0117】



(付記 2 5) 前記光アンプ出力制御部は、前記光アンプの出力パワーの目標値に対し、制御ステップを内部演算により求めるか、またはメモリから前記制御ステップを読み出して、段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記 1 4 記載の光伝送装置。

【0 1 1 8】

(付記 2 6) 前記励起光源出力制御部は、前記励起光のパワーの目標値に対し、制御ステップを内部演算により求めるか、またはメモリから前記制御ステップを読み出して、段階的立ち上げを行うことを特徴とする付記 1 4 記載の光伝送装置。

【0 1 1 9】

(付記 2 7) O S C 信号のエラー発生を抑制する O S C 信号エラー抑制方法において、

主信号を増幅して出力する光アンプに対し、O S C 信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記光アンプの出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げ、

光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行う励起光源部に対し、O S C 信号のパワーの急激な変化を抑制するために、前記励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げて、急激な利得変動による O S C 信号のエラーを抑制する O S C 信号エラー抑制方法。

【0 1 2 0】

(付記 2 8) 前記光アンプの出力パワーの段階的立ち上げと、前記励起光のパワーの段階的立ち上げとは、時間差を設けて行うことを特徴とする付記 2 7 記載の O S C 信号エラー抑制方法。

【0 1 2 1】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光伝送システムは、立ち上げ時には、光アンプの出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げ、励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる構成とした。これにより、O S C 信号のパワーの急激な変化を抑制することができ、システムの安定した立ち上げが可能と

なるので、光伝送制御の品質及び信頼性の向上を図ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光伝送システムの原理図である。

【図 2】

光波長の位置関係を示す概念図である。

【図 3】

光波長の位置関係を示す概念図である。

【図 4】

OSC 信号が受けるラマン増幅について説明するための図である。

【図 5】

OSC 信号が受けるラマン増幅について説明するための図である。

【図 6】

OSC 信号が受けるラマン増幅について説明するための図である。

【図 7】

OSC 信号が受けるラマン増幅について説明するための図である。

【図 8】

OSC 信号が受けるラマン増幅について説明するための図である。

【図 9】

APSD の動作を説明するための図である。

【図 10】

光アンプの周辺ブロック構成を示す図である。

【図 11】

光アンプの出力パワーの段階的立ち上げの様子を示す図である。

【図 12】

光アンプの出力状態を示す図である。

【図 13】

励起光源部のラマン励起光パワーの段階的立ち上げの様子を示す図である。

【図 14】

タイマによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。

【図 1 5】

タイマによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。

【図 1 6】

OSC 信号を用いてのステータスのやり取り動作を示す図である。

【図 1 7】

図 1 6 に対するステータスのやり取りによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。

【図 1 8】

OSC 信号を用いてのステータスのやり取り動作を示す図である。

【図 1 9】

図 1 8 に対するステータスのやり取りによる立ち上げ開始タイミング制御を示す図である。

【図 2 0】

立ち上げ途中状態を通知しながらの段階的立ち上げ制御を示す図である。

【図 2 1】

モニタ結果にもとづく光アンプの段階的立ち上げ制御を説明するための図である。

【図 2 2】

モニタ結果にもとづく励起光源部の段階的立ち上げ制御を説明するための図である。

【図 2 3】

保護時間の設定例を示す図である。

【図 2 4】

保護時間の設定例を示す図である。

【図 2 5】

制御ステップを演算によって設定する場合の図である。

【図 2 6】

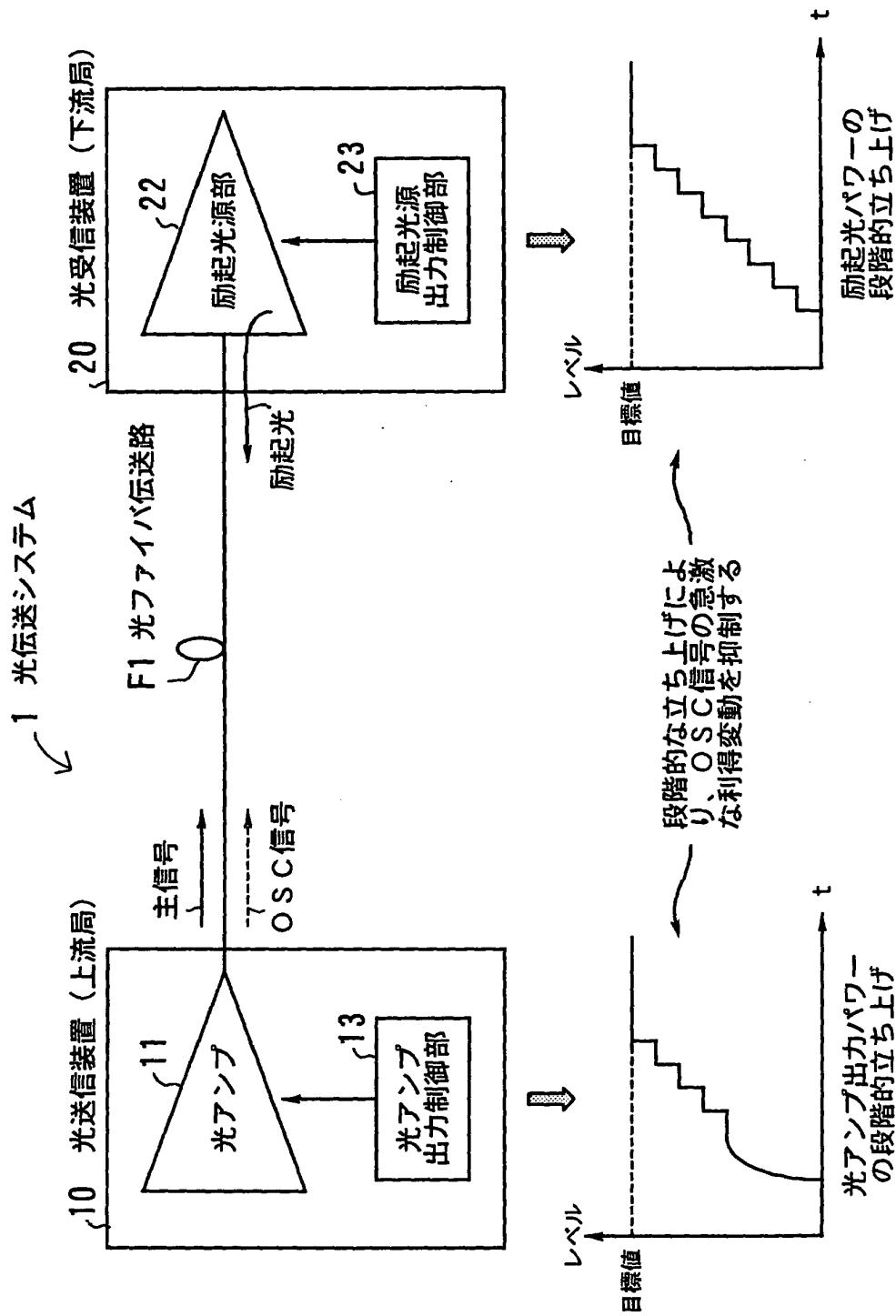
制御ステップをメモリから読み出して設定する場合の図である。

【符号の説明】

- 1 光伝送システム
  - 1 0 光送信装置（上流局）
  - 1 1 光アンプ
  - 1 3 光アンプ出力制御部
- 2 0 光受信装置（下流局）
- 2 2 励起光源部
- 2 3 励起光源出力制御部
- F 1 光ファイバ伝送路

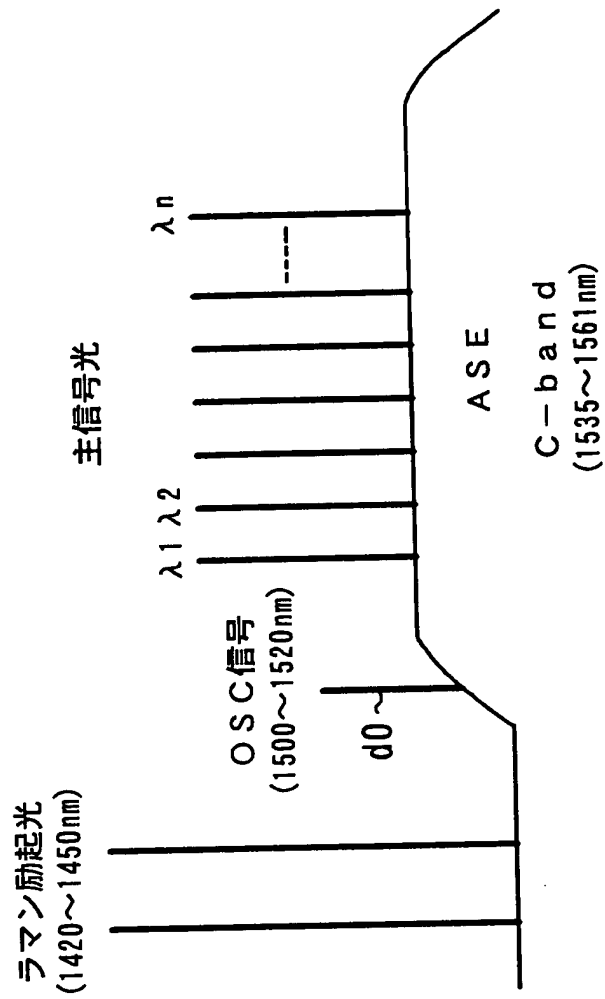
【書類名】 図面

【図 1】

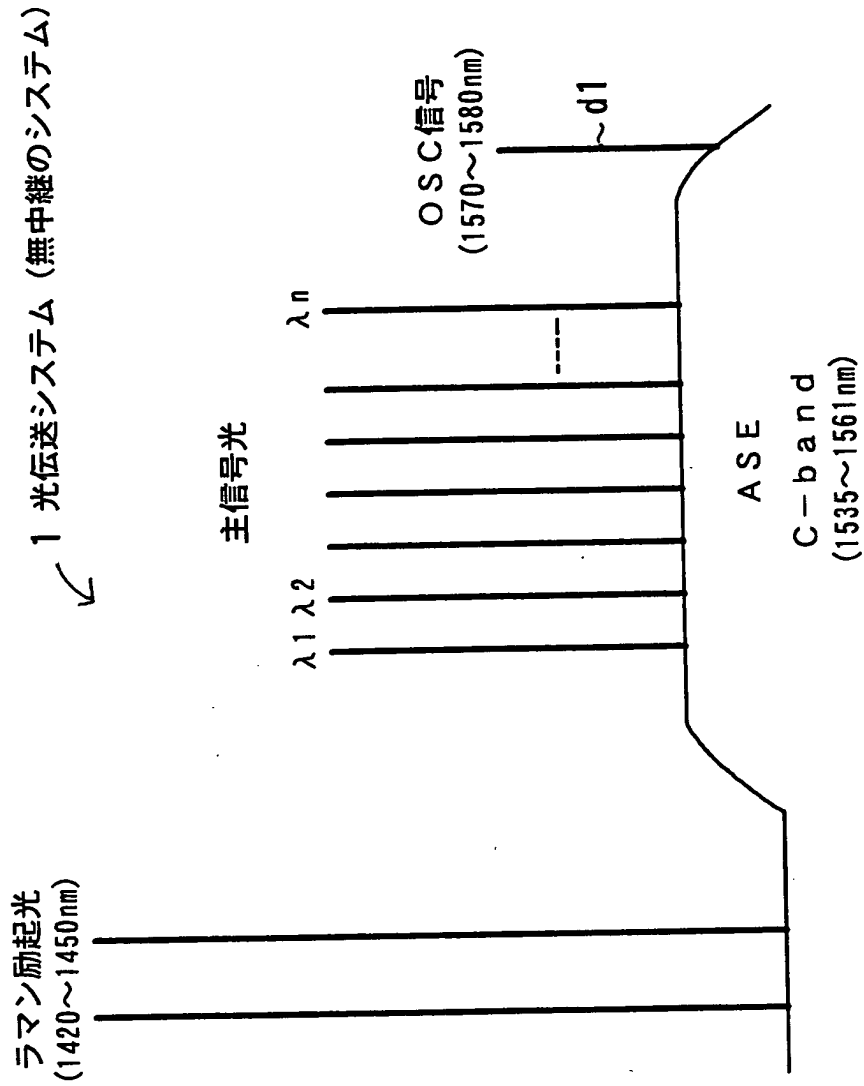


【図 2】

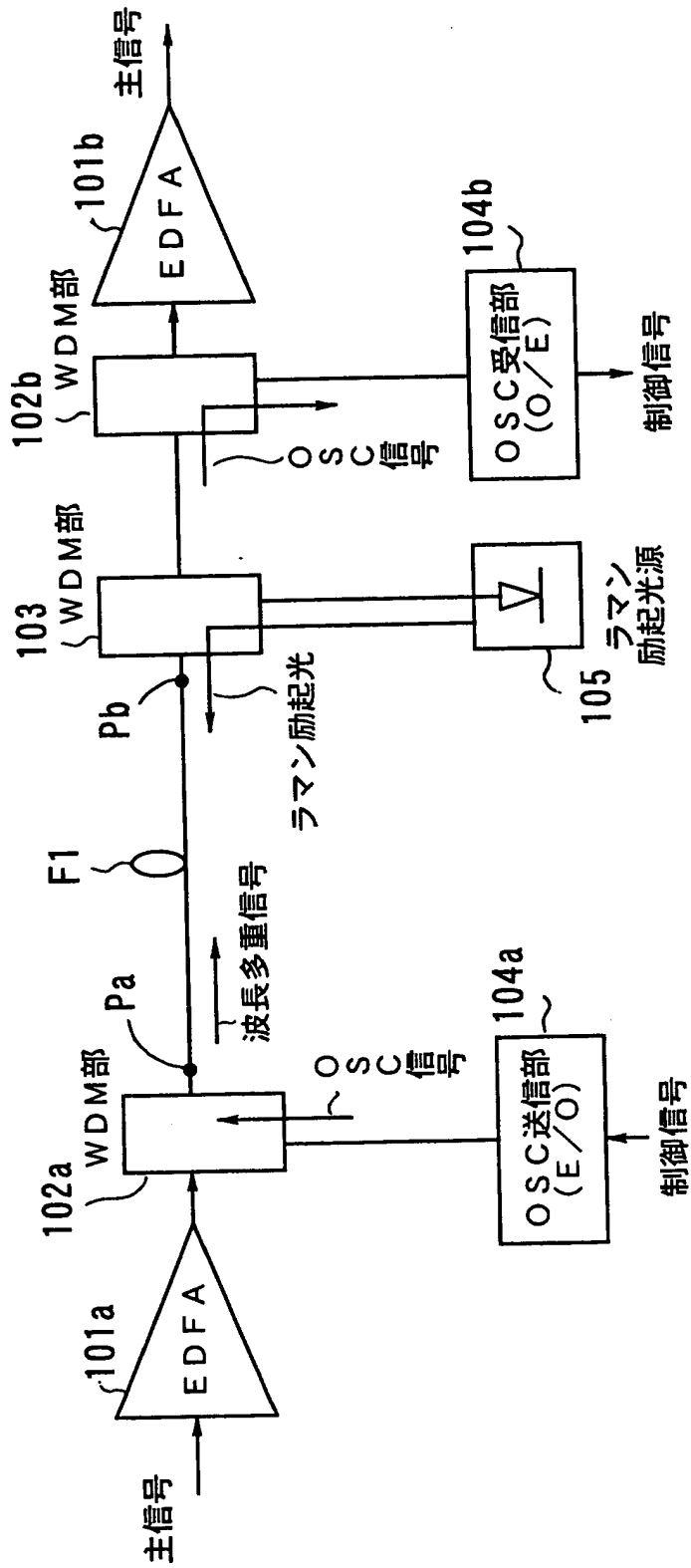
100 光伝送システム (伝送距離が短いシステム)



【図 3】

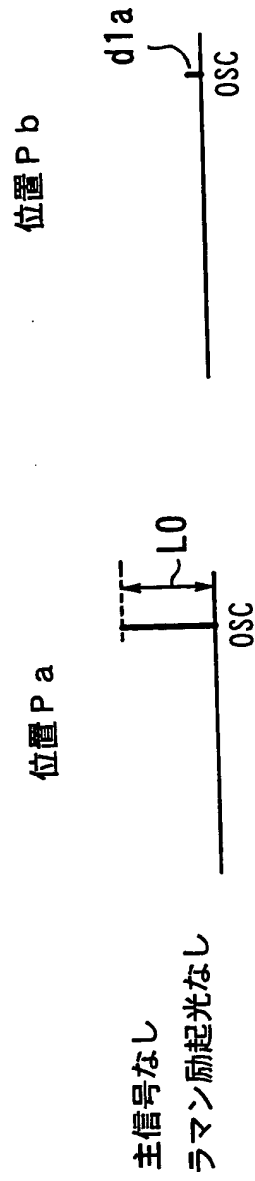


【図 4】

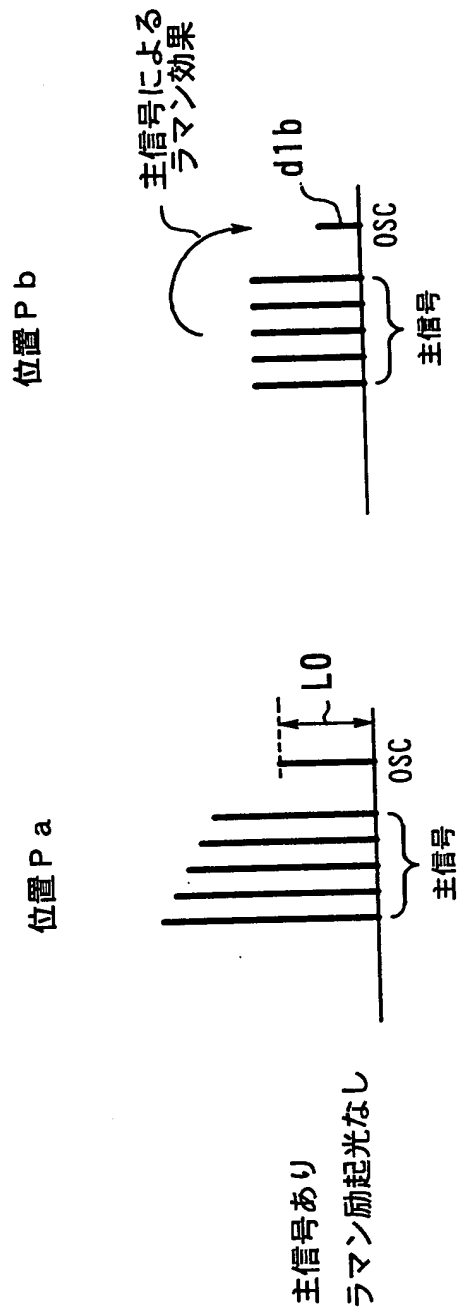




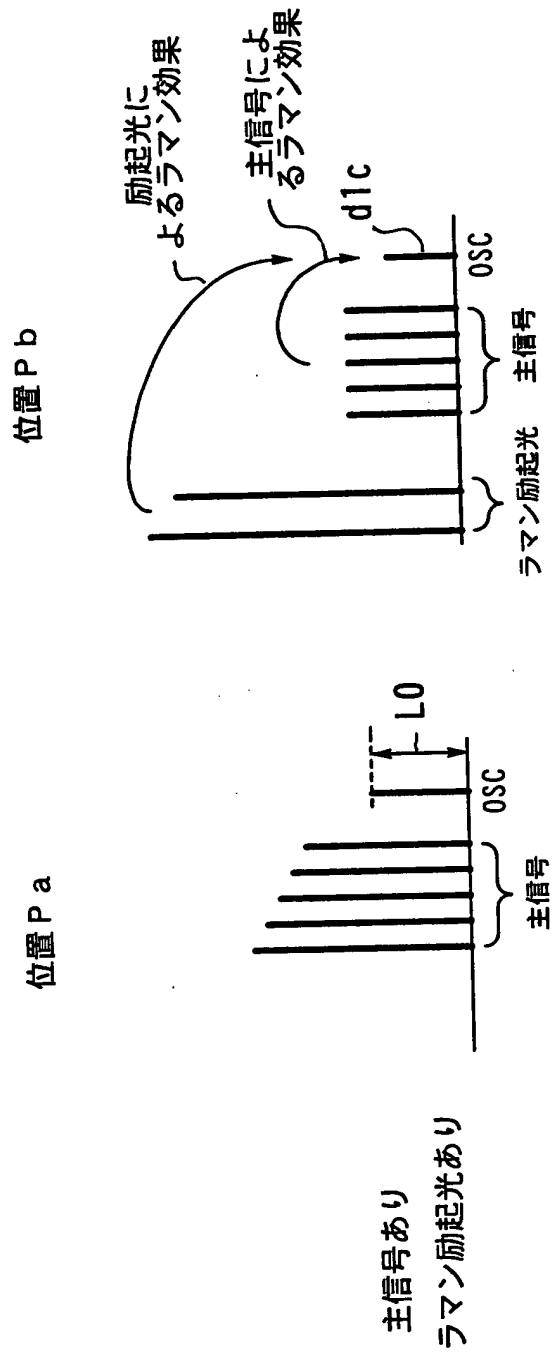
【図 5】



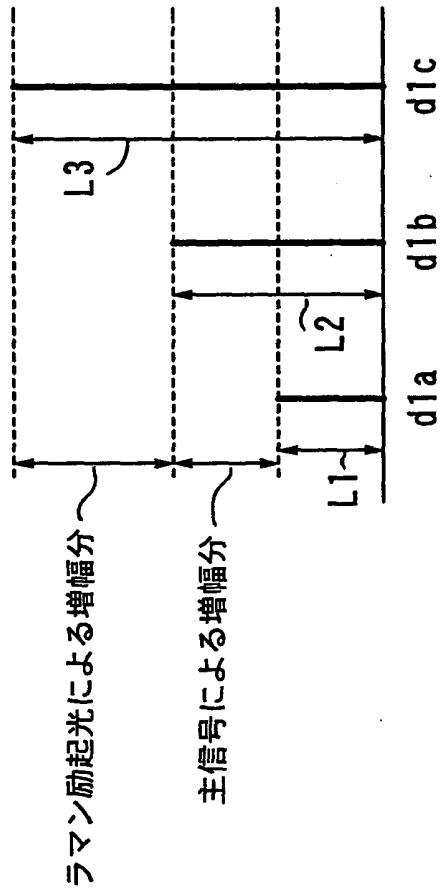
【図 6】



【図 7】



【図 8】

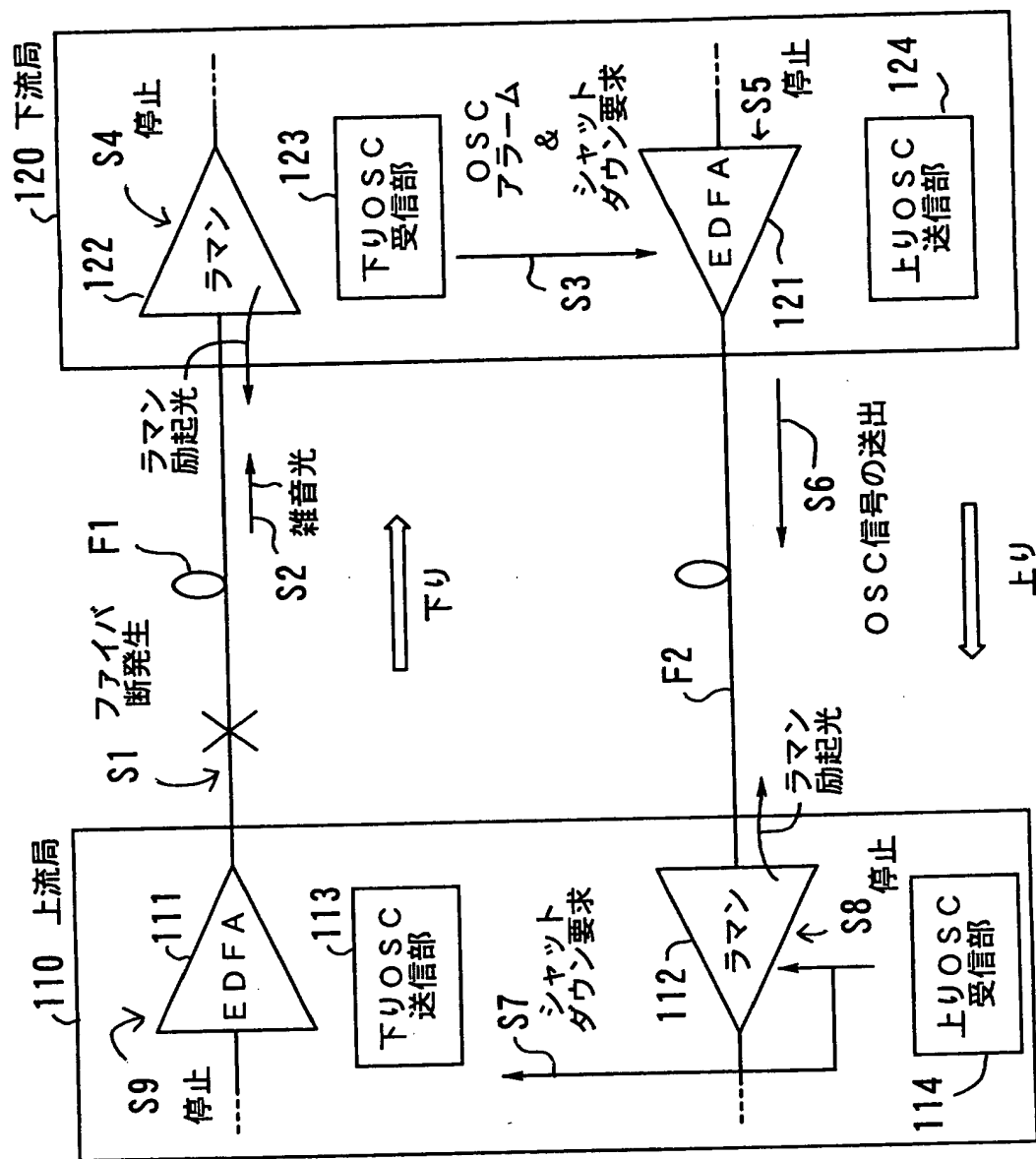


L1 : 利得なし (伝送路ロスのみ)

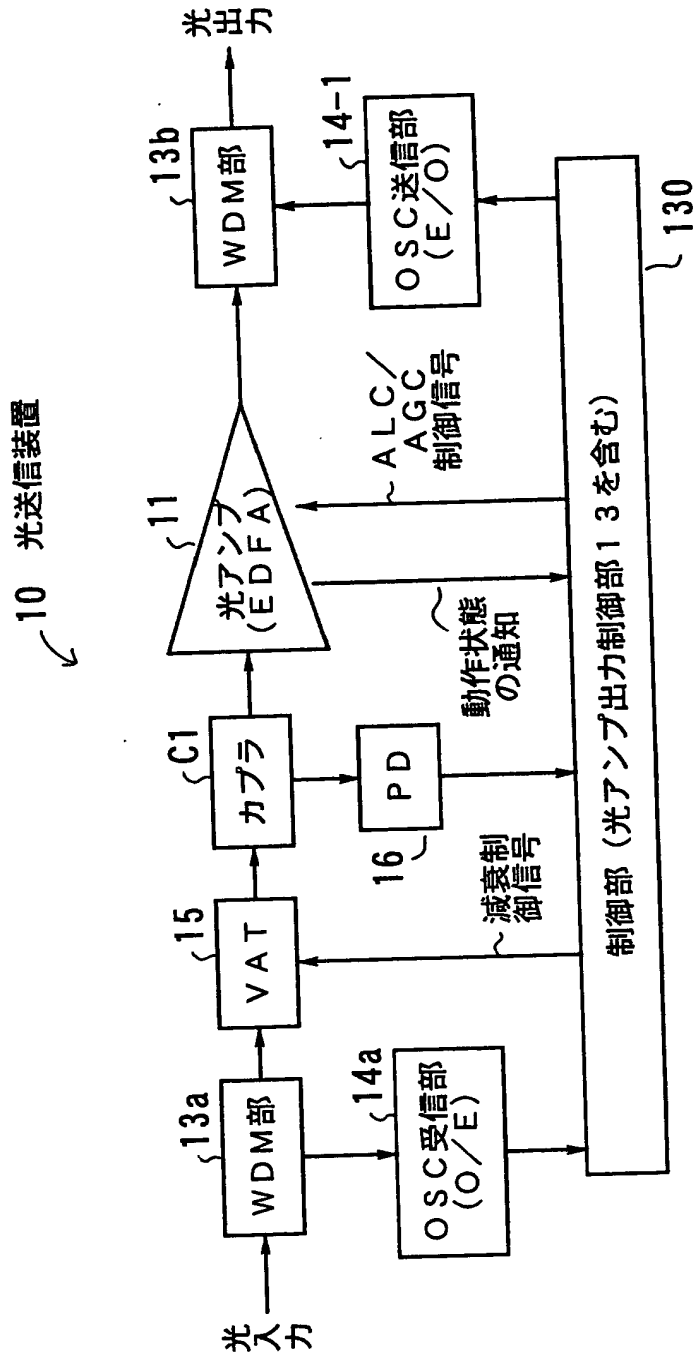
L2 : レベル L1 + 主信号により得られた増幅分

L3 : レベル L1 + 主信号及びラマン励起光により得られた増幅分

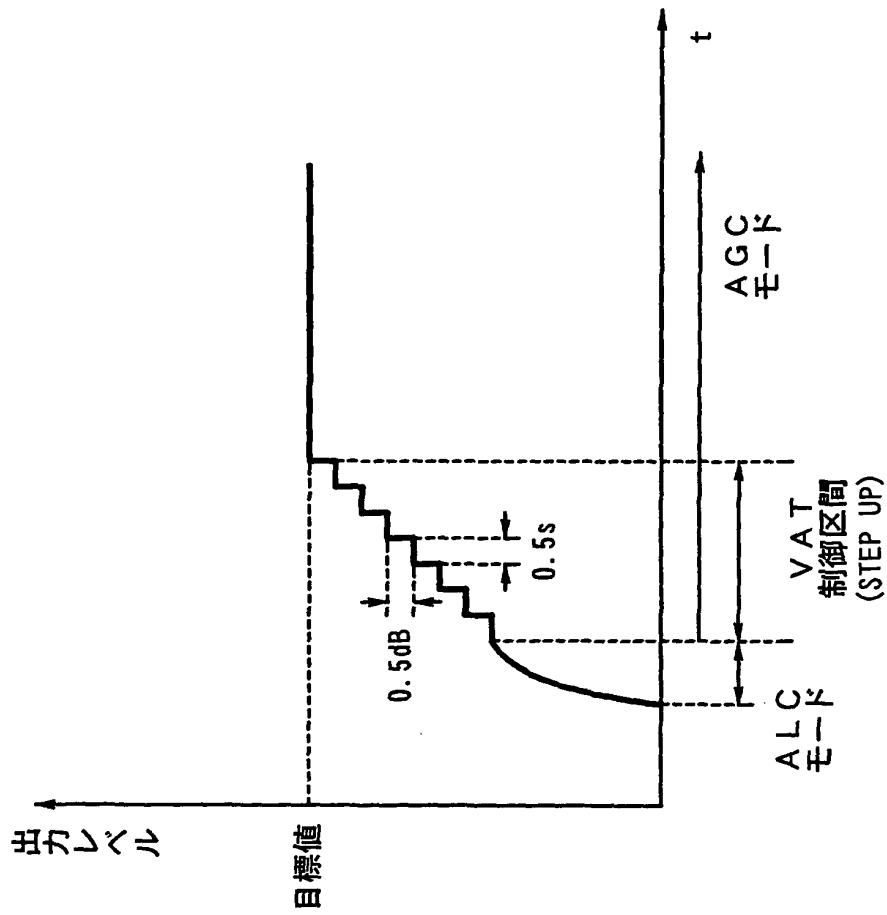
【図9】



【図10】

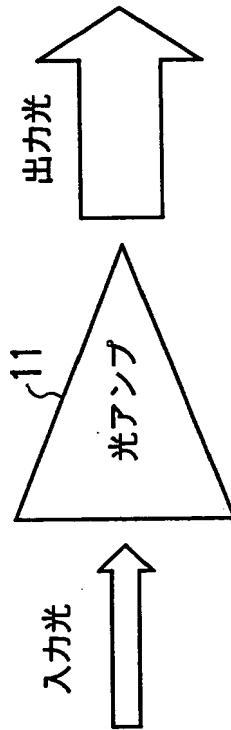


【図11】



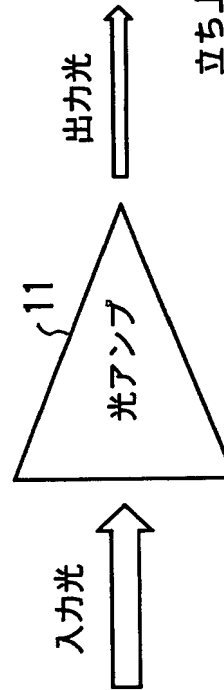
【図 1 2】

AGCモード (立ち上げ開始時から運用  
状態までAGCのみの場合)



デフォルトのゲインで高パワーを出力

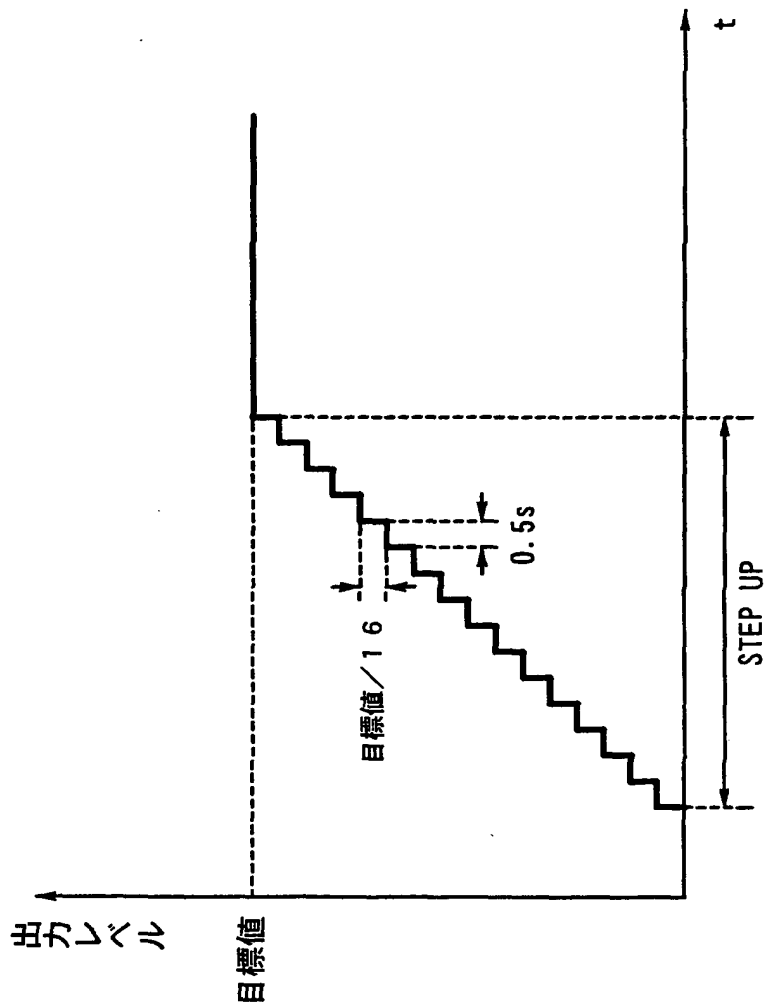
ALCモード



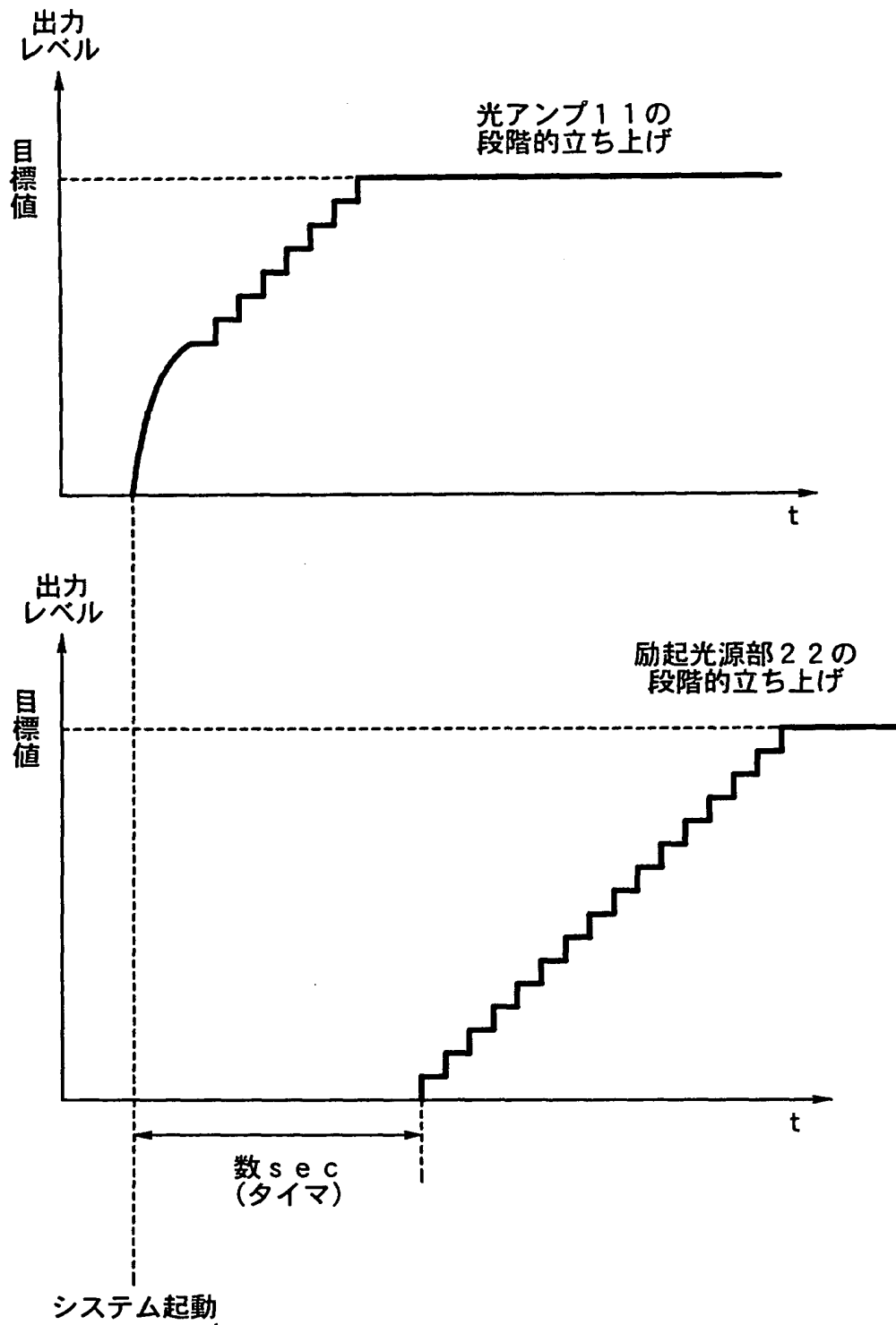
立ち上げ開始時はゼロレベルが  
らの制御が可能なので、急に  
高パワーを出力することがない



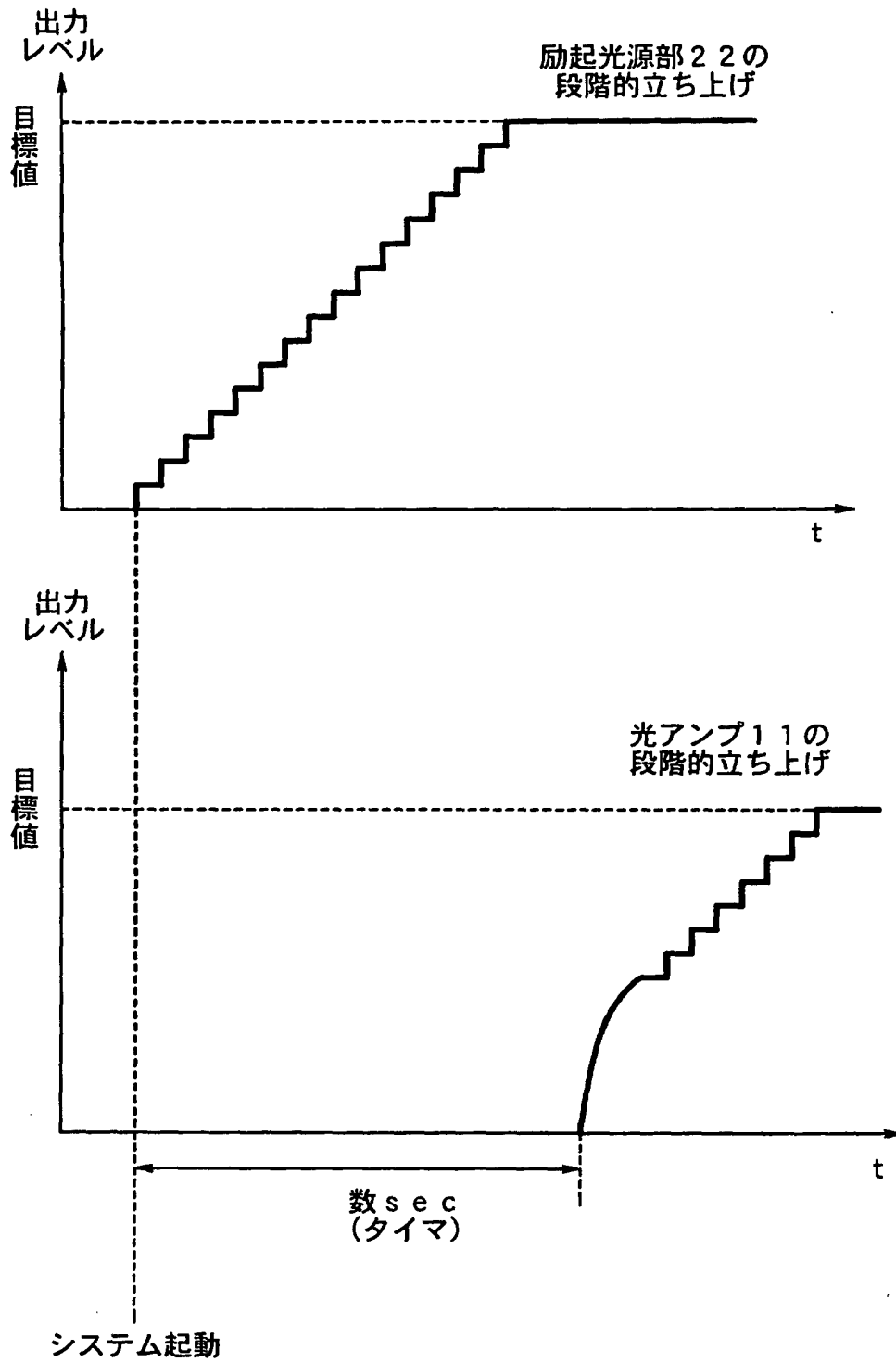
【図 1 3】



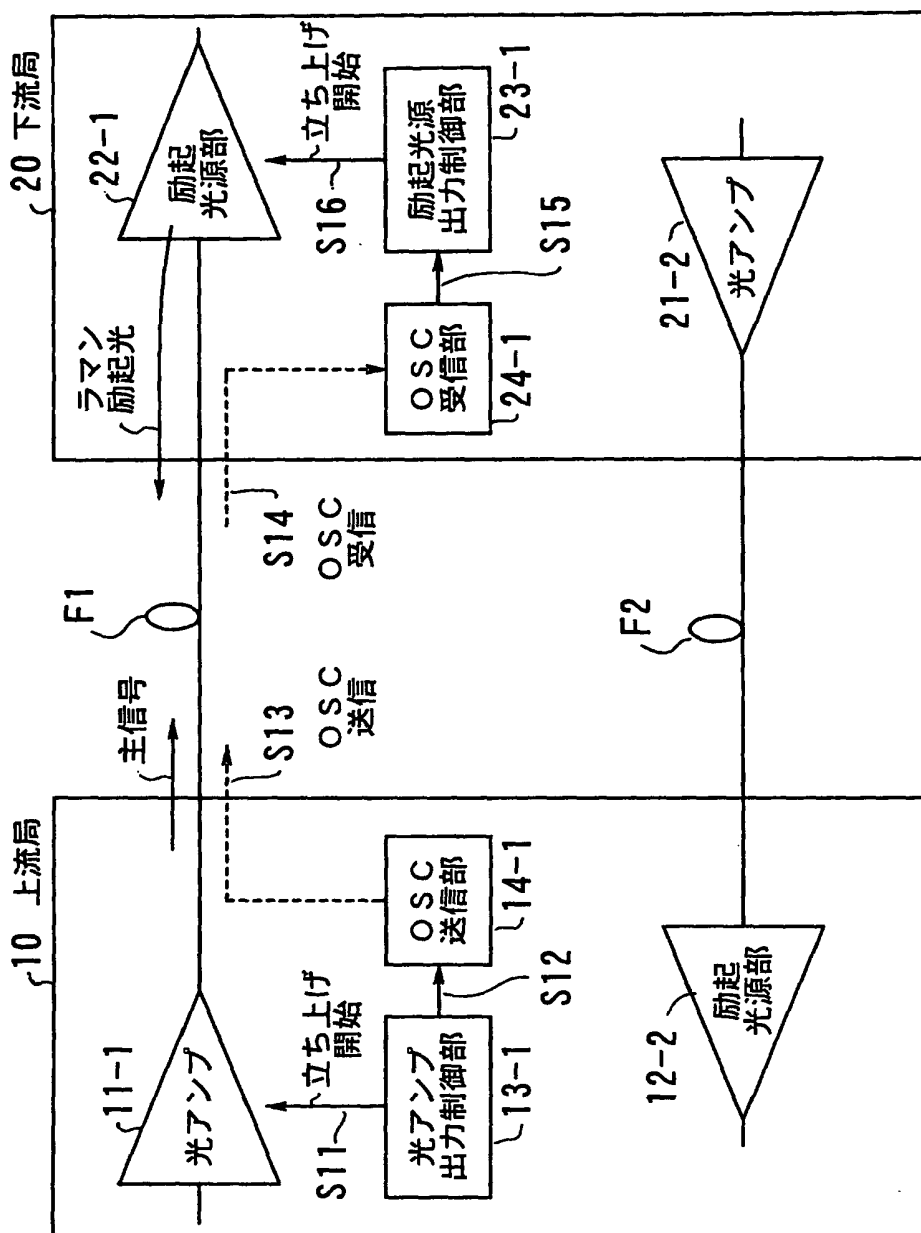
【図 1 4】



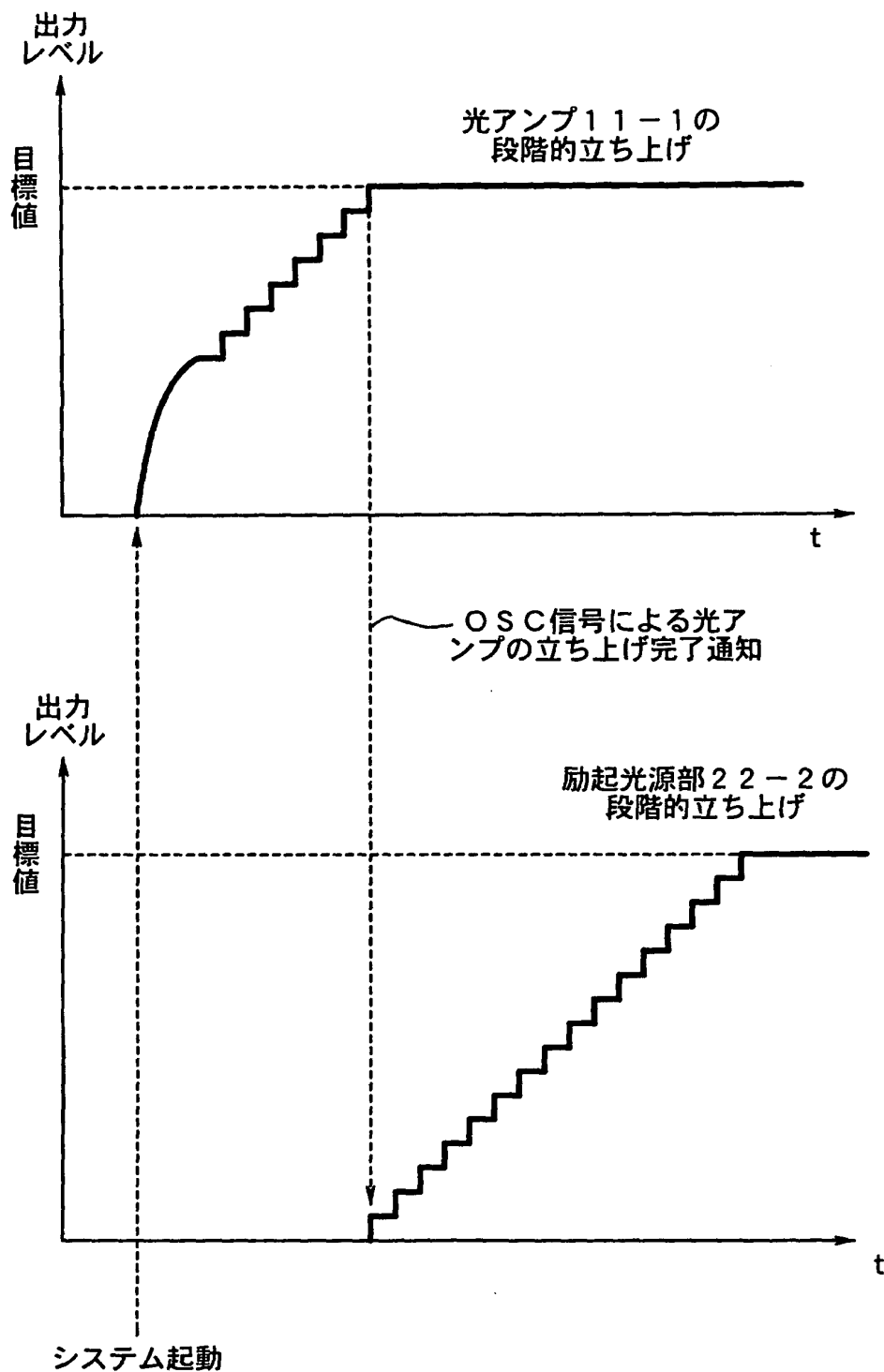
【図 1 5】



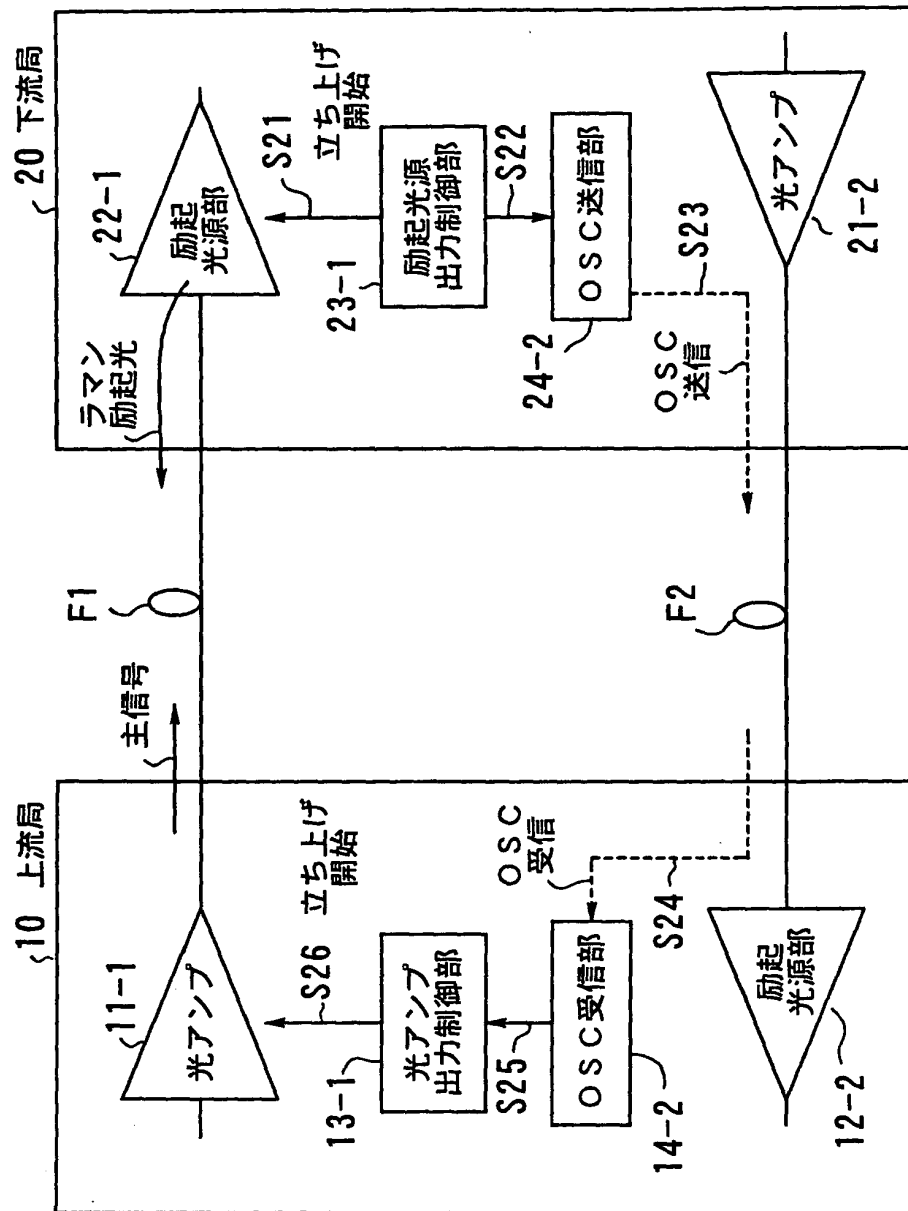
【図16】



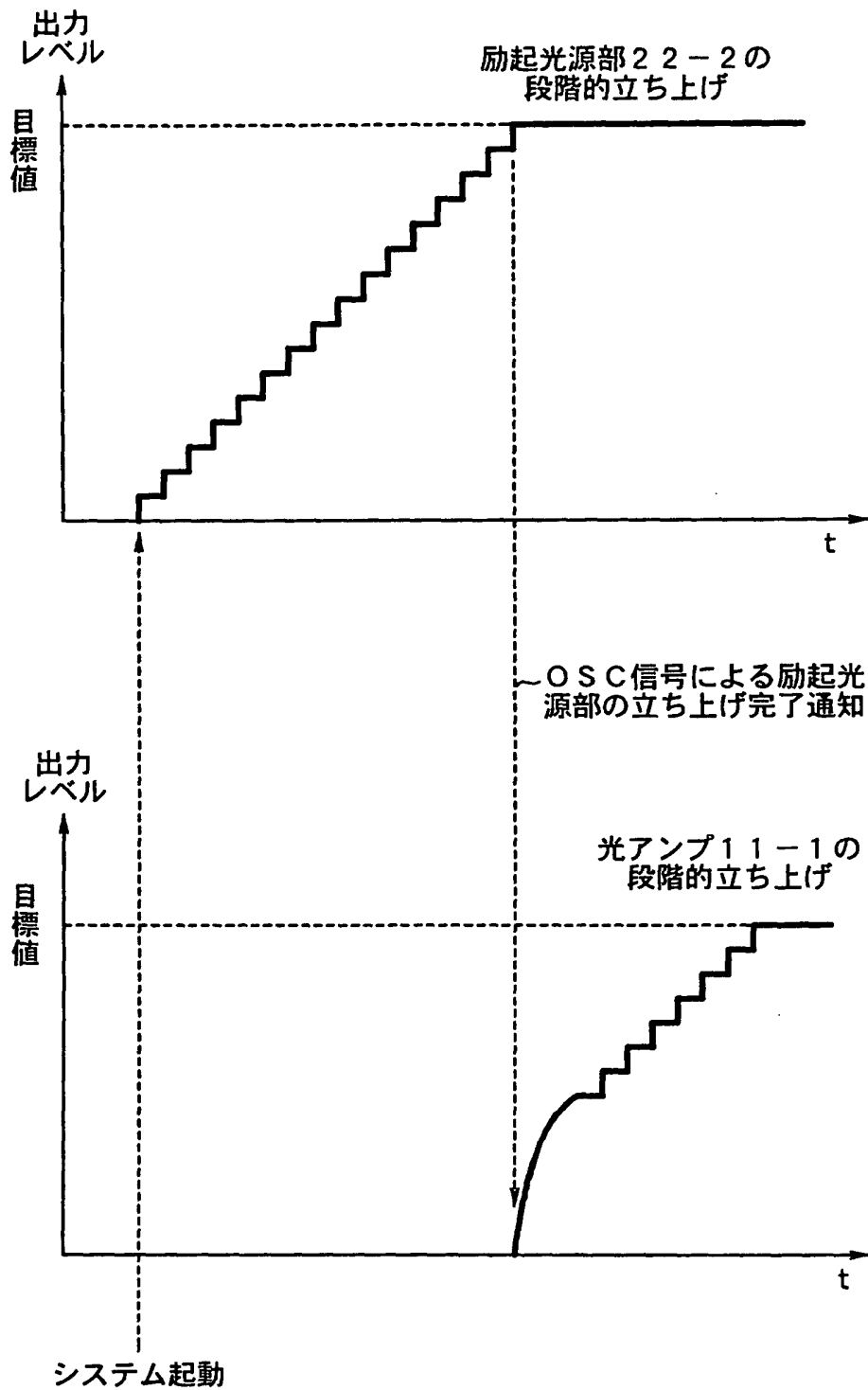
【図 17】



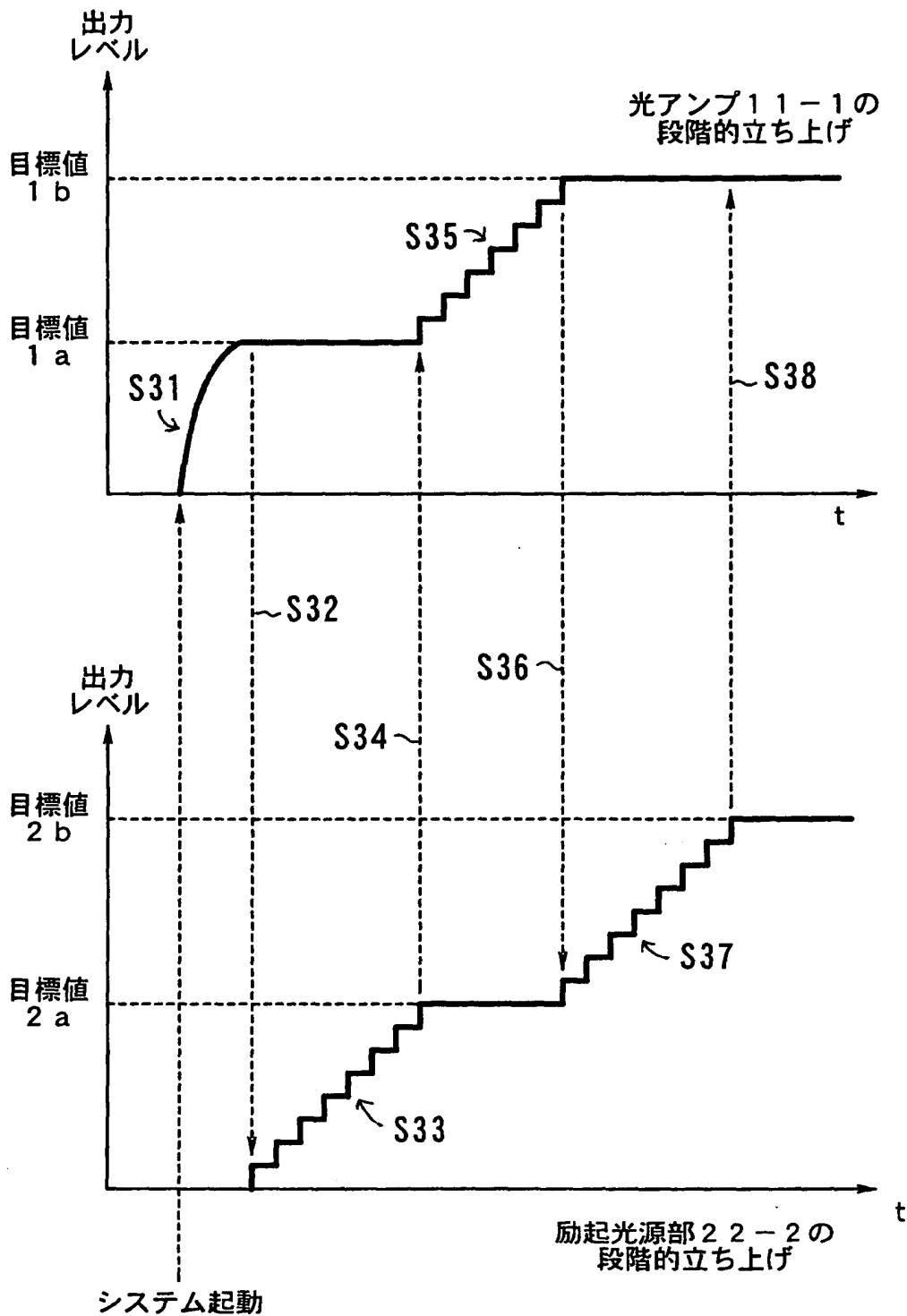
【図 18】



【図 1 9】

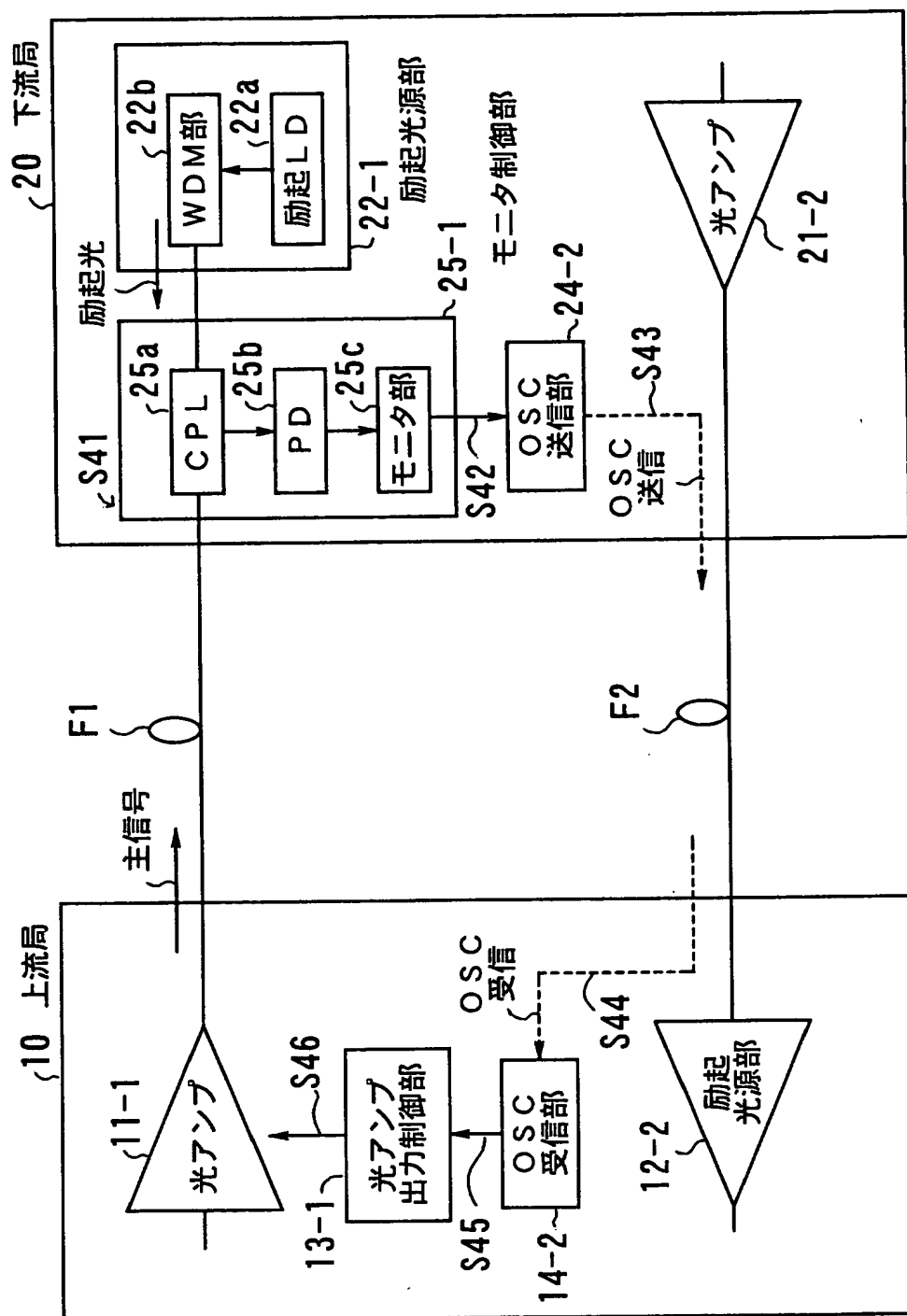


【図 2 0】

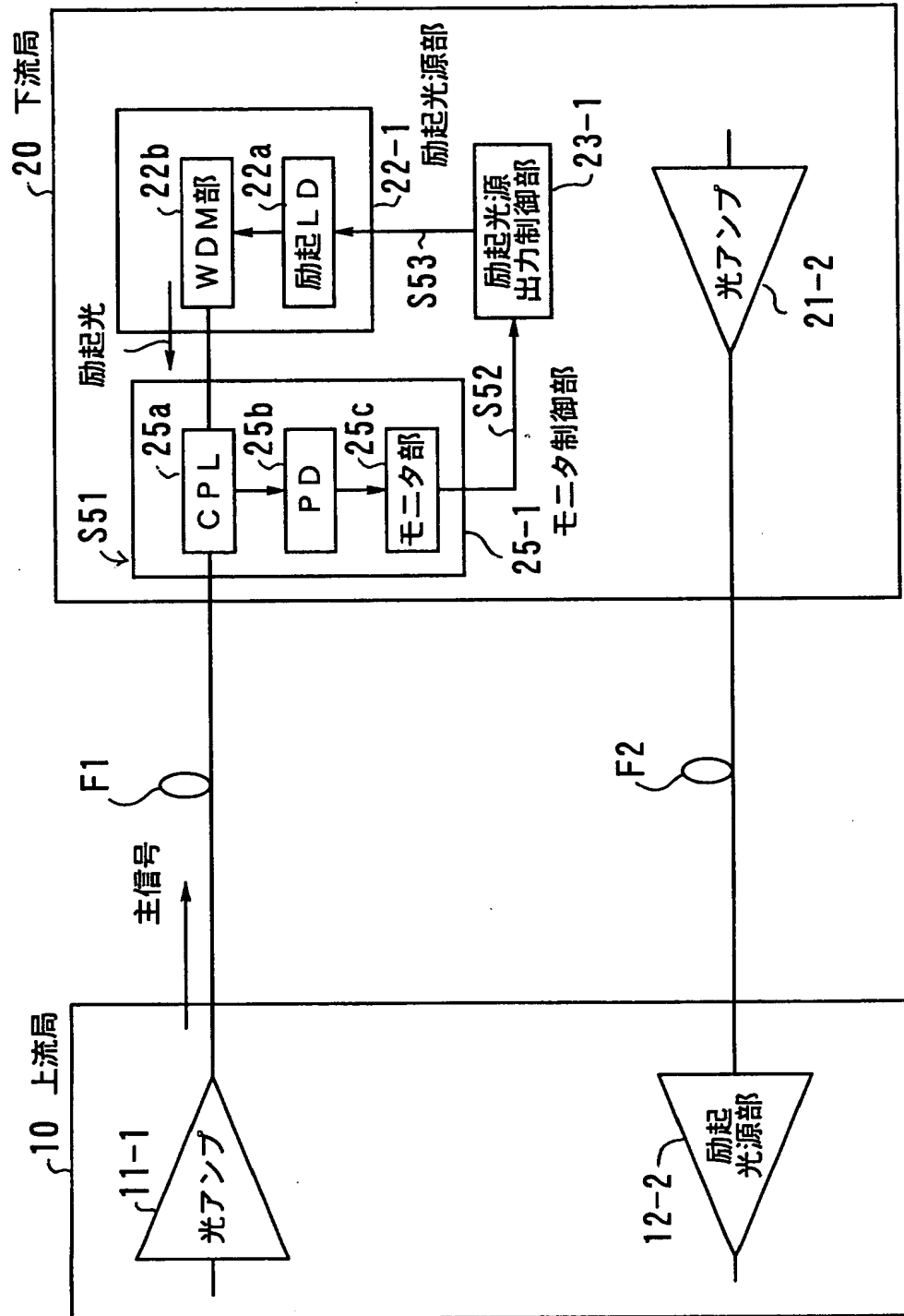




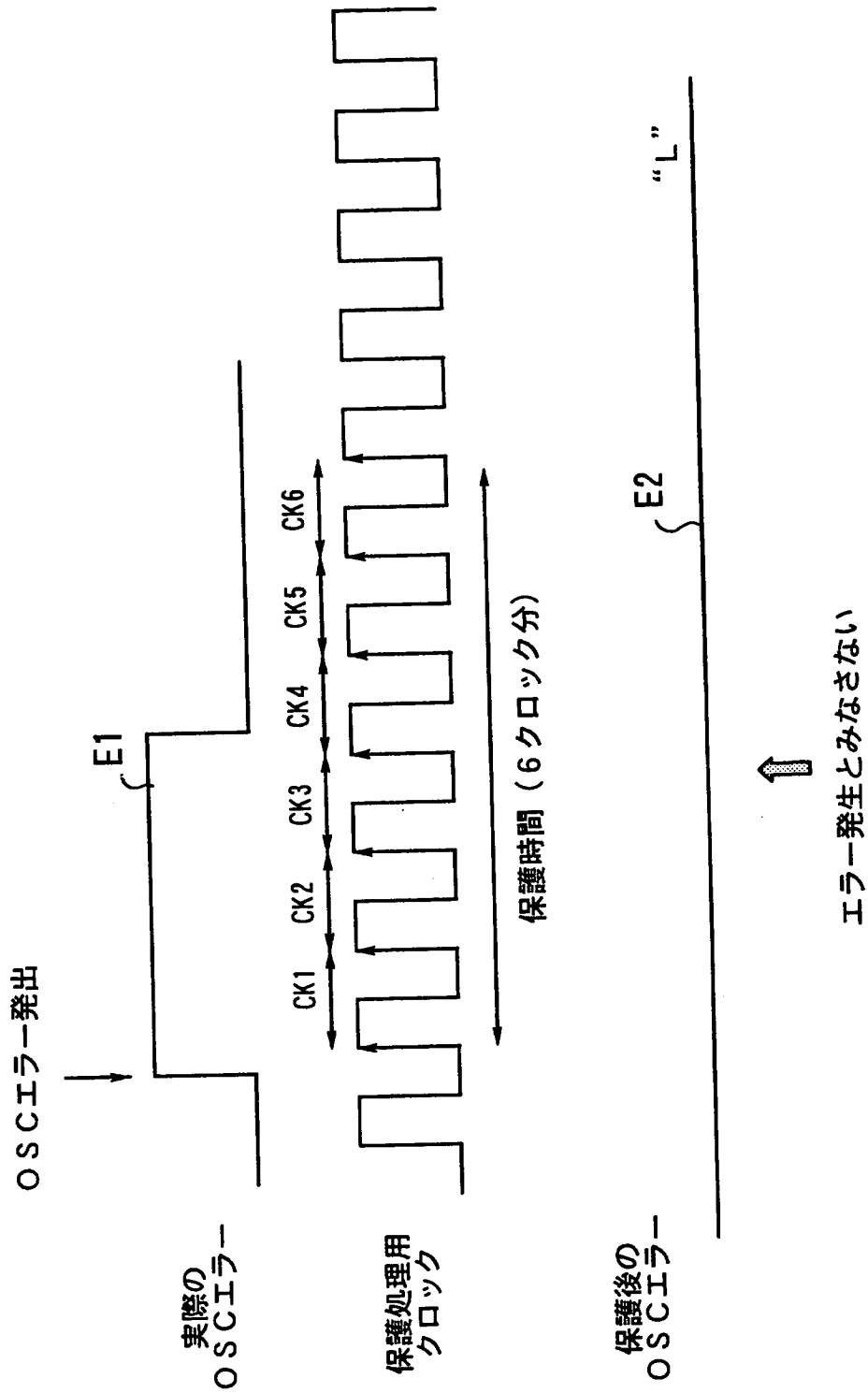
【図 2 1】



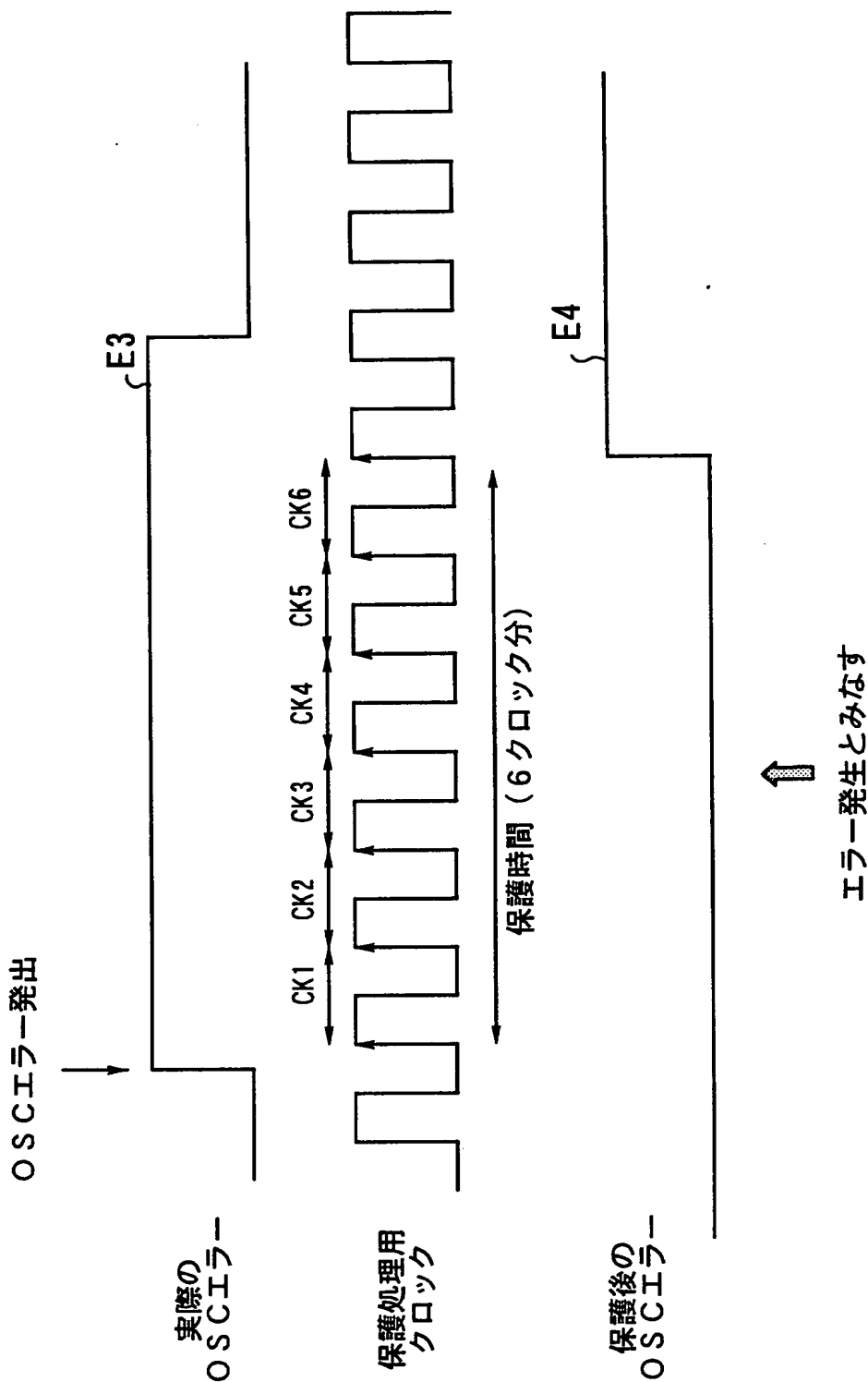
【図 2 2】



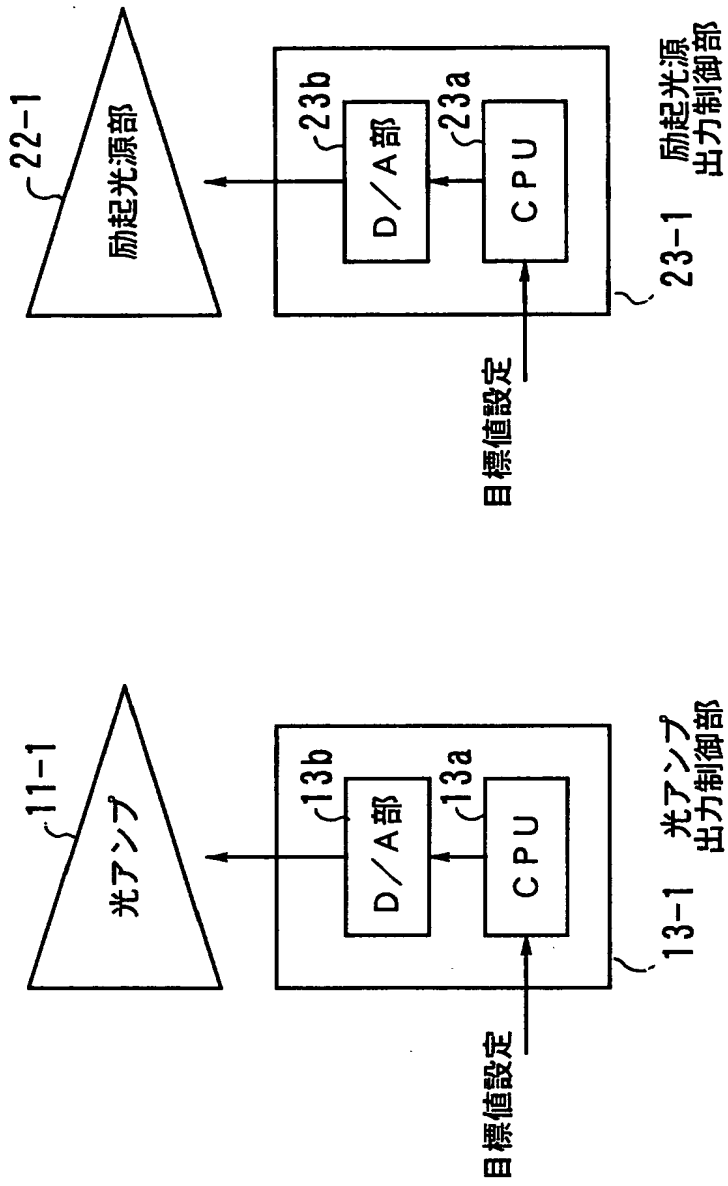
【図 23】



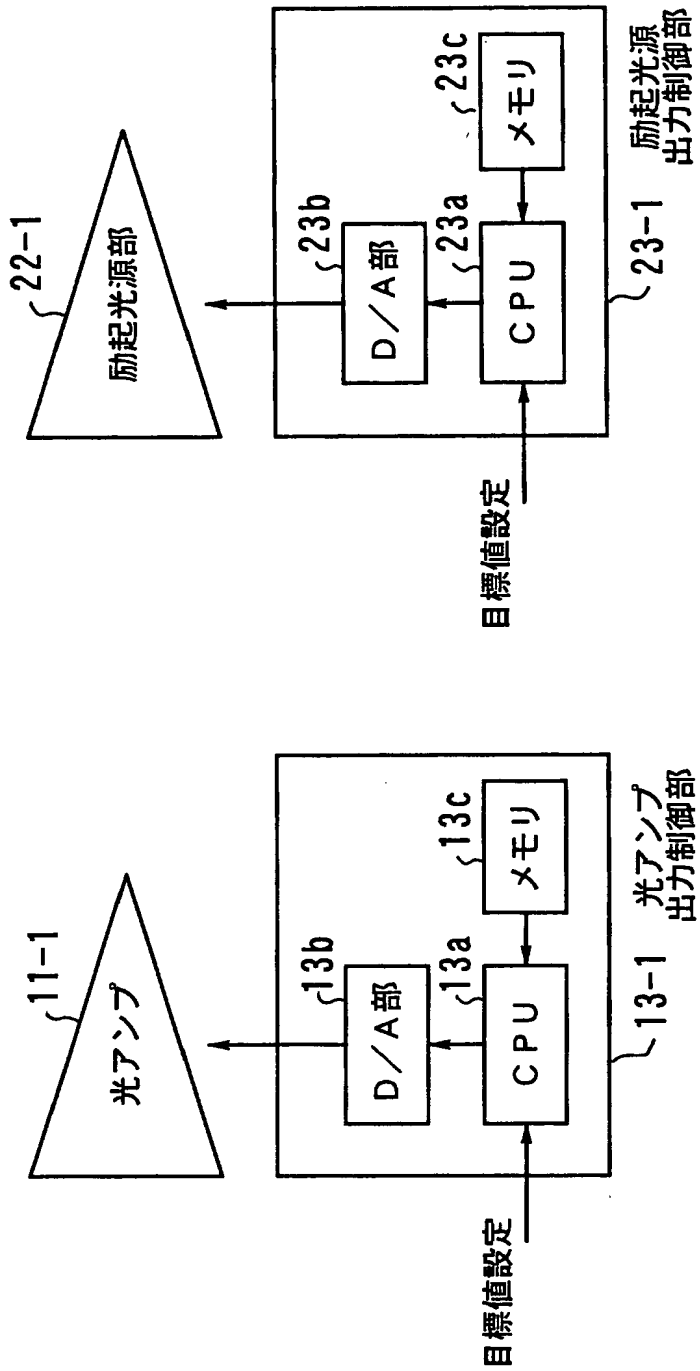
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 急激な利得変動によるOSC信号のエラー発生を抑制し、光伝送制御の品質及び信頼性の向上を図る。

【解決手段】 光アンプ11は、主信号を増幅して出力する。光アンプ出力制御部13は、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、光アンプ11の出力パワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる。励起光源部22は、光ファイバ伝送路F1に励起光を入射して、光ファイバ伝送路F1を増幅媒体とした光増幅を行う。励起光源出力制御部23は、OSC信号のパワーの急激な変化を抑制するために、励起光のパワーを目標値まで所定の時間をかけて立ち上げる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号  
氏 名 富士通株式会社